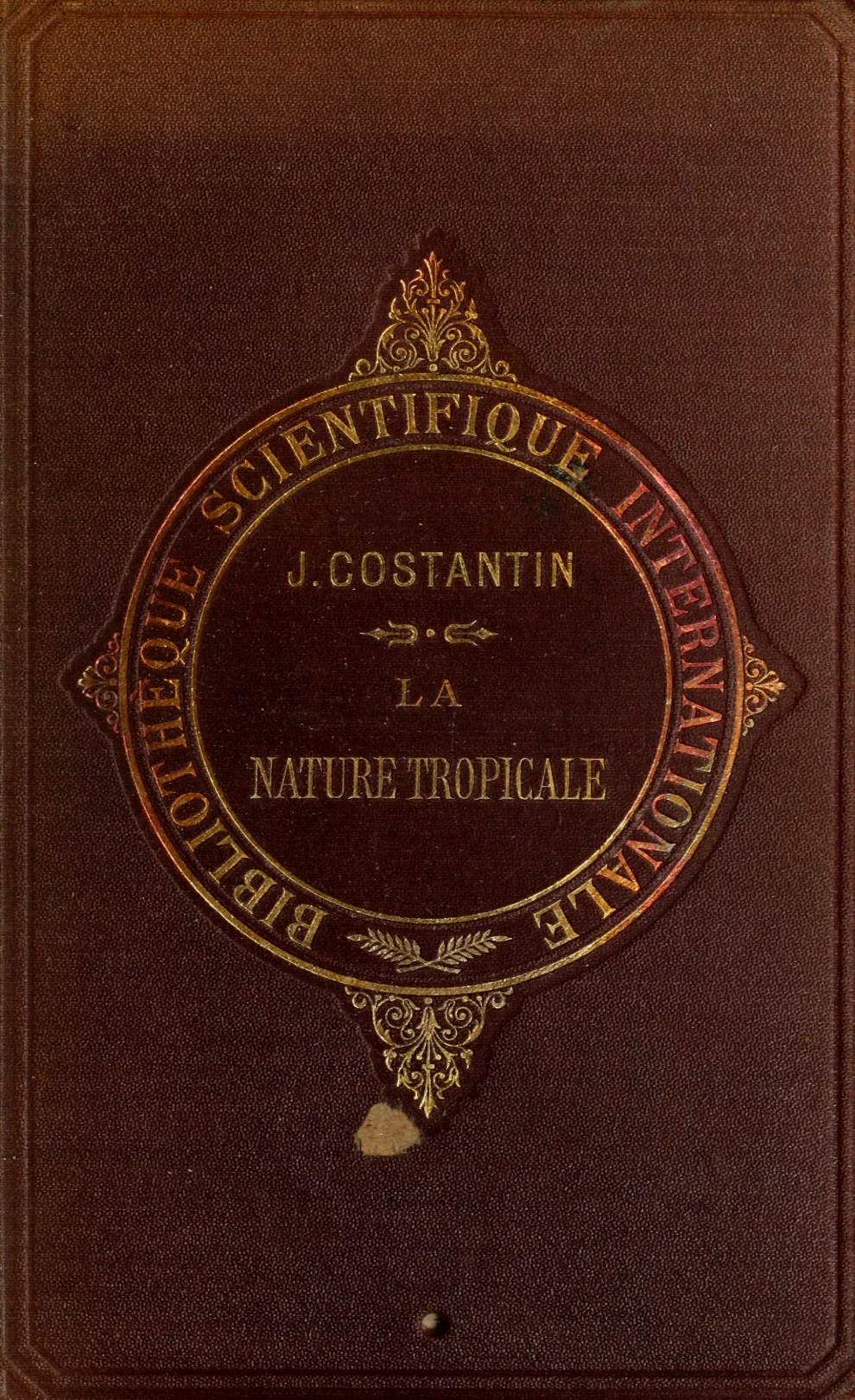
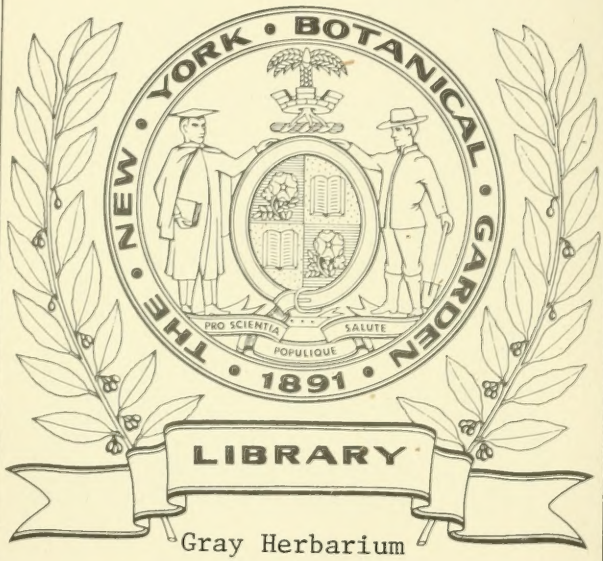

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE
J. COSTANTIN
LA
NATURE TROPICALE

QK474.5
.C65



Gray Herbarium
Purchase
December 1970

HARVARD·TRAVELLERS·CLUB·
PEREGRINANTUR
EX DONO:
ROBERT P. BIGELOW
on FEBRUARY 19 1934
Cambridge Mass.

BIBLIOTHÈQUE

SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. ÉM. ALGLAVE

XCIII

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Ém. ALGLAVE

Volumes in-8, reliés en toile anglaise. Prix. . . . . 6 fr.

La *Bibliothèque scientifique internationale* est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant expose les idées qu'il a introduites dans la science et condense pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles, elle aborde aussi les sciences morales, comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc. ; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattachent encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français et en anglais : à Paris, chez Félix Alcan ; à Londres, chez C. Kegan, Paul et Cie ; à New-York, chez Appleton.

Quatre-vingt-treize volumes publiés

DERNIERS VOLUMES PARUS :

MEUNIER (Stan.). *La Géologie expérimentale.* 1 v. in-8 avec grav. 6 fr.
GELLÉ (E.-M.). *L'Audition et ses Organes.* 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
GUIGNET et GARNIER. *La Céramique ancienne et moderne.* 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
LE DANTEC. *L'Évolution individuelle et l'Hérédité.* 1 vol. in-8. 6 fr.
COSTANTIN (J.). *Les Végétaux et les Milieux cosmiques* (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures. 6 fr.
ROCHÉ (G.). *La Culture des mers* (piscifacture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures. 6 fr.
MORTILLET (G. de). *Formation de la Nation française.* 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes. 6 fr.
DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. *L'Évolution régressive en biologie et en sociologie.* 1 vol. in-8, avec gravures. 6 fr.
DE LANESSAN. *Principes de colonisation.* 1 vol. in-8. 6 fr.
LE DANTEC. *Théorie nouvelle de la vie.* 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
MEUNIER (Stan.). *La Géologie comparée.* 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
JACCARD. *Le Pétrole, le Bitume et l'Asphalte* au point de vue géologique. 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.
ANGOT (A.). *Les Aurores polaires.* 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
BRUNACHE (P.). *Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad.* 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
DE QUATREFAGES. *Les Emules de Darwin.* 2 vol. in-8, avec préfaces de MM. E. PERRIER et HAMY. 12 fr.
LEFÈVRE (A.). *Les Races et les Langues.* 1 vol. in-8. 6 fr.
DE QUATREFAGES (A.). *Darwin et ses précurseurs français.* 1 vol. in-8. 2e édition refondue. 6 fr.

LA NATURE
TROPICALE

PAR

J. COSTANTIN

Maître de conférences à l'École normale supérieure

AVEC 166 GRAVURES DANS LE TEXTE

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BALLIÈRE ET Cie

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1899

Tous droits réservés

LIBRARY
NEW YORK

QK474.5
.C65

LA NATURE TROPICALE

PRÉLIMINAIRES

INTRODUCTION

« Le bleu du ciel, la lumière, les vapeurs qui se reposent dans le lointain, la forme des animaux, la vigueur des végétaux, l'éclat du feuillage, le contour des montagnes, tous ces éléments partiels déterminent l'impression que produit l'ensemble d'un paysage (1). » Ils s'associent d'une manière variable suivant les pays, et c'est de l'infinie variété de ces combinaisons que les voyages tirent en grande partie leur charme. Qui ne se sentirait en dispositions différentes à l'ombre d'une forêt épaisse ou sur un plateau découvert ; sur les hautes montagnes, en face des glaciers neigeux, ou dans les plaines vertes et riantes ; à l'intérieur d'une oasis de Palmiers ou dans une forêt vierge ?

Darwin — qui, dans son voyage autour du monde, a pu contempler notre globe sous tant d'aspects différents — peint admirablement à plusieurs reprises cette influence du monde physique sur le moral, cette action mystérieuse du matériel sur l'immatériel qui donne à l'étude de la nature un attrait si profond. Il nous décrit notamment la Terre de Feu comme « une énorme masse de rochers sauvages couverts d'immenses

(1) Alexandre de Humboldt.

C 23 1970
LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL

forêts qui commencent où s'arrêtent les marées » et qui offrent partout « de mortelles scènes de désolation ». Le feuillage des arbres est d'un vert brunâtre qui donne à tout le paysage « un aspect sombre et morne » ; les tempêtes se succèdent presque sans interruption avec accompagnement de pluie, de grêle et de neige ; d'immenses nuages noirs obscurcissent constamment le ciel ; « la mer a un aspect terrible, elle ressemble à une immense plaine mouvante couverte çà et là de neige. » C'est, on le voit, « un des pays les plus inhospitaliers qui soit au monde ». « La nature, ajoute le savant anglais, en rendant l'habitude omnipotente, en rendant ses effets héréditaires, a approprié le Fuégien au climat et aux productions de son misérable pays. »

Les contrées que nous voulons décrire sont heureusement très différentes de celle-là ; la nature y est, au contraire, toujours en fête, ce sont les régions fortunées de l'éternel été où s'épanouit la puissante flore équatoriale. Dans ces pays, l'homme n'a pas besoin d'efforts pour vivre : les produits de deux ou trois arbres peuvent suffire à le nourrir pendant une année entière, et partout il trouve à sa disposition les fruits les plus variés et les plus délicats. L'homme primitif avait donc plus de chances que dans les régions froides de ne pas y mourir de faim. Aussi est-ce vraisemblablement de là qu'il a rayonné sur toute la surface de la terre. Le souvenir de cette première patrie semble s'être conservé chez beaucoup de peuples, et la légende de l'âge d'or, l'histoire du jardin d'Eden sont probablement les lointains échos de ces temps si reculés.

Après une marche lente du sud au nord vers les pays froids et incléments, voyage qui l'obligea à créer et à perfectionner la civilisation, l'humanité policée, depuis trois siècles et surtout depuis cinquante ans, revient vers les contrées qui ont été le théâtre de ses premiers progrès ; puissamment armée de toutes les inventions qu'elle a pu faire sur sa route, elle cherche aujourd'hui à les utiliser dans les pays qui lui ont servi de berceau. Elle peut tirer un très beau parti des régions équatoriales si elle veut comprendre que la vraie source des richesses qui y existent est cachée sous la magnifique végétation qui les couvre. La destruction de la forêt vierge, merveille que la nature a mis des siècles à édifier, est une œuvre barbare qui peut ruiner une contrée, et la lamentable histoire des pays où cette

triste besogne a été accomplie est là pour le prouver (1). Les vrais peuples colonisateurs ont compris que ce n'était pas ainsi qu'il fallait agir, ils ont saisi que la végétation tropicale devait être avant tout respectée ; ils ont entrevu surtout que l'étude des lois de son développement méritait d'être entreprise avec soin. Les résultats obtenus dans quelques contrées en appliquant cette méthode ont été admirables, et l'on peut prévoir, pour un avenir prochain, l'épanouissement d'une splendide civilisation dans ces régions bienheureuses (2). Puisse cette perspective ne pas susciter de compétitions trop violentes entre les nations européennes ! Souhaitons qu'elles comprennent que les conquêtes de l'industrie et du commerce sont, comme celles de la science et de la morale, seules utiles pour le développement de l'humanité.

La destruction de la forêt n'est pas seulement funeste au point de vue économique, elle est néfaste au point de vue scientifique, car elle fait disparaître les plus antiques témoignages de l'évolution de la vie à la surface du globe. La connaissance des plantes des régions chaudes importe, en effet, beaucoup à ceux que préoccupent les hautes questions de la biologie qui, par tant de côtés, touchent aux problèmes philosophiques et sociaux les plus fondamentaux.

La préoccupation des questions d'origine — qui est, comme le dit Renan, la marque des esprits philosophiques — a eu de tout temps l'influence la plus décisive sur la destinée de l'homme. Les conceptions sur le mode de naissance des plantes et des animaux, qui sont intimement liées à celles qui se rapportent à l'apparition de l'espèce humaine, ont à l'heure actuelle comme autrefois la plus haute importance. Ce sont elles qui ont contribué, à l'aube de l'histoire, à fixer les croyances religieuses de l'humanité, aussi ont-elles laissé leur trace ineffaçable dans les cultes de la Grèce, de la Phénicie, de l'Égypte, de la Chaldée, de l'Inde. Les idées théologiques des habitants de ces contrées reposaient essentiellement sur la connaissance qu'ils possédaient des êtres vivants ; leurs cosmogonies paraissent d'ailleurs avoir toutes leur origine dans

(1) Sainte-Hélène, par exemple.

(2) La population de Java a décuplé en cent ans, grâce aux réformes remarquables opérées par les Hollandais.

un culte plus ancien et encore plus intimement lié à l'étude des plantes et des animaux. Cette religion primitive de peuples barbares a opprimé la pensée humaine pendant une longue série de siècles ; malgré les grands efforts qui ont été faits pour l'abolir, elle n'est pas détruite, elle règne encore aujourd'hui en maîtresse sur toutes les populations de nombreux pays, elle a même laissé sa marque incontestable dans les traditions et les légendes de l'Occident (1).

Si la connaissance des êtres vivants a pu avoir une telle influence au début de l'histoire, comment ne pas être tenté de croire que les efforts persévérants et sagaces des savants qui depuis trois siècles observent la nature n'auront pas de profondes conséquences pour l'évolution des sociétés actuelles ?

En somme, nous croyons, comme le dit Humboldt, que « des peintures », telles que celles que nous nous efforcerons de faire de la vie tropicale, « ne sont pas seulement propres à procurer à l'esprit une jouissance du genre le plus noble : la connaissance du caractère de la nature dans différentes régions est liée d'une manière plus intime à l'histoire du genre humain et à celle de sa civilisation ».

(1) « Les superstitions botaniques, a dit M. de Gubernatis, sont *aussi vieilles que l'esprit humain*. Elles bravent la philosophie et la science » et aussi les diverses religions successives.

CHAPITRE PREMIER

PREMIÈRES SENSATIONS EN FORÊT VIERGE

Tous les voyageurs sont unanimes quand ils décrivent l'impression profonde qu'ils ont ressentie en pénétrant la première fois dans la forêt vierge équatoriale. « Quiconque aime les sciences de la nature, dit Darwin (1), éprouve en un jour comme celui-là un plaisir, une joie intense qu'il ne peut plus espérer éprouver à nouveau. » Selon Agassiz, c'est une sensation comparable aux plus fortes que la nature puisse nous donner : « La première fois qu'on découvre les hautes montagnes, qu'on contemple l'Océan, qu'on aperçoit la végétation des tropiques dans toute sa vigueur », sont trois dates qui font « époque dans la vie ».

Sur des esprits moins habitués à l'observation des phénomènes naturels, l'exubérance de la flore équatoriale produit des impressions plus puissantes encore qui font souvent naître les associations d'idées les plus étranges. L'illustre voyageur Stanley, en particulier, a noté avec soin les différents états psychologiques par lesquels il passa en parcourant l'immense forêt qu'il a découverte au centre de l'Afrique, qui mesure 1.000 kilomètres de long sur 840 kilomètres de

(1) Cet illustre naturaliste écrit sur son carnet de voyage le 29 février 1832, le jour où il découvre la forêt vierge : « Quelle délicieuse journée ! Mais le terme délicieux est bien trop faible pour exprimer les sentiments du naturaliste qui, pour la première fois, erre dans une forêt brésilienne. L'élégance des herbes, la nouveauté des plantes parasites, la beauté des fleurs, le vert éblouissant du feuillage, mais par-dessus tout la vigueur et l'éclat général de la végétation, me remplissent d'admiration. »

large, qui s'étend donc sur une surface égale à celle de la France et de l'Espagne réunies. « Quand je marchais avec la colonne, dit-il, ou que nous nous reposions la nuit, la présence de mes hommes ou le murmure de leurs voix ne portaient guère à comprendre cette poésie de la forêt, nous souffrions trop de la faim ; nous avions pâti de misères trop prolongées... Mais si, une fois par hasard, je m'éloignais du bivouac, si les rumeurs n'en arrivaient plus à mes oreilles, j'oubliais un instant les mille soucis, et notre dénûment et mes déboires ; la majesté de la forêt agissait sur mon âme et rendait le calme à mon esprit. Ma voix retentissait au milieu du silence, renvoyée par les échos comme par les murs d'une cathédrale. Je me sentais envahir par une influence indéfinissable, presque surnaturelle ; l'absence presque continue de la grande lumière du ciel, les lueurs tamisées du soleil, cela me donnait l'impression d'un autre monde : deux vies étaient en présence, la vie végétale et la vie humaine : l'une massive, colossale, paisible et silencieuse et pourtant si solennelle ! Il me semblait bizarre que ces deux vies, si semblables parfois, ne pussent entrer en communion ; il m'eût paru simple et naturel qu'un de ces vieux patriarches m'eût adressé la parole... m'eût demandé avec dédain ce que je venais faire au milieu de cette assemblée des rois de la forêt. »

Les sensations singulières que décrit ainsi Stanley ne sont pas des divagations d'un cerveau affaibli par le jeûne ou les privations, car elles ont été également éprouvées par d'autres voyageurs (1).

(1) Les notes suivantes de M. Marcoy, le voyageur bien connu qui a parcouru l'Amérique du Sud, nous paraissent prises sur le vif : « Un crépuscule verdâtre montrera tous les objets éclairés d'une teinte uniforme. Au lieu des profondeurs ombreuses que le voyageur s'apprêtait à voir et de larges sentiers qu'il parcourait en idée, un inextricable fouillis de feuilles et de branchages, férocement armés de dards, d'épines et de griffes, arrêtera sa marche à chaque pas. Alourdi par les exhalaisons du sol et le suintement perpétuel de tout ce qui végète, l'air dense, humide, chaud, énervant, saturé d'odeurs fétides et de parfums violents réagira sur sa fibre et sur son cerveau. Les êtres et les choses, grossis par une optique singulière, lui apparaîtront avec je ne sais quoi d'effrayant et de mystérieux dans la ligne et le contour. Le tronc gisant, à demi recouvert par la végétation, lui fera l'effet d'un jaguar énorme accroupi dans l'ombre ; dans la liane du Strychnos, il croira voir un python guettant sa proie, et dans les sarmenteuses autant de couleuvres suspendues aux arbres. Qu'un souffle de vent vienne à balancer ces formes végétales et leur donne une apparence de vie, et l'arbre, la

Fig. 1. — La végétation tropicale.

Elles nous permettent d'expliquer l'épouvante et l'horreur qu'inspiraient aux légions romaines les forêts de la Gaule et de la Germanie (1) ; elles nous font comprendre l'état mental du sauvage qui regarde la forêt comme « la demeure des êtres invisibles qui conspirent sans cesse contre les hommes » et qui, dans le bruissement du feuillage, croit « entendre leurs dialogues mystérieux » (2). Ce sont certainement des impressions analogues qu'a dû ressentir l'homme primitif si l'on tient compte de la place considérable qu'occupe le culte des arbres dans les religions de l'antiquité et si l'on admet avec M. Lang que les « mythes absurdes et anormaux des races civilisées peuvent s'expliquer comme autant de survivances d'histoires qui, dans un état plus ancien de la pensée et de la connaissance, ont semblé toutes naturelles » (3).

L'analyse supprime les rapprochements bizarres et les émotions monstrueuses, mais elle laisse place à l'admiration. « La forêt vierge ! Songez donc à toutes les émotions que ce seul mot fait naître dans le cœur d'un botaniste, dit M. Massart qui a si bien décrit la végétation de Java. Et la réalité est incomparablement plus belle que tout ce que peut rêver l'imagination la plus fertile. Nos langues européennes sont impuis-

liane, la sarmenteuse lui sembleront prêts à rugir, à mordre, à s'élancer sur lui. »

« Au milieu du silence profond, son oreille percevra tout à coup des rumeurs étranges, dont il ne pourra s'expliquer la cause ; des grondements sourds, des frappements bizarres, des grincements, des crépitations retentiront dans les fourrés ; des soupirs faibles, de vagues plaintes, des gémissements étouffés qu'il sera tenté d'attribuer à des voix humaines, le rempliront d'une vague terreur. Par moment, le détritus amoncelé sous ses pas lui semblera se mouvoir, et les buissons s'écarter comme pour livrer passage à des êtres difformes. »

(1) Lucien décrit notamment la marche des légions à travers une forêt et les Romains tremblants d'y rencontrer le génie du lieu. Les druides avaient leurs temples dans les bois et les Germains y croyaient la divinité toujours présente. Le culte des arbres a longtemps persité en Allemagne et le proverbe populaire y dit que « la forêt écoute toujours et qu'elle a le secret de tous les mystères » (Mannhardt).

(2) Tradition recueillie chez les Niams-Niams au centre de l'Afrique par le voyageur allemand Schweinfurth.

(3) Kohl rapporte quelles sont les idées singulières des Indiens de l'Amérique du Nord. L'espérance d'Otamigan (un des compagnons du voyageur) était placée en un rocher qui un jour était venu à sa rencontre, s'était incliné, l'avait salué et s'en était retourné. Un autre Indien révérait un Mélèze du Canada « parce qu'il avait entendu une fois un bruissement remarquable dans ses branches ».

santes à exprimer cet enchevêtrement. Elles ne contiennent en effet que les mots qui se rattachent aux choses d'Europe ; et, comparées au moindre taillis des régions équatoriales, les forêts européennes les plus touffues paraissent vides et nues. Au lieu de nos troncs nus, dressés côte à côte sur un sol qui porte quelques misérables herbes, nous nous trouvons devant un inextricable pêle-mêle de végétaux, remplissant tout l'espace qui est compris sous la cime des arbres ». On voit d'après cette description qu'il n'y a pas de vides ici, comme dans les sous-bois des forêts d'Europe : c'est là un des premiers caractères de la végétation qui frappe tous les observateurs. « Ces forêts merveilleuses de l'Amérique du Sud, fait remarquer Agassiz, sont tellement denses et tellement emmêlées de parasites gigantesques qu'elles forment une masse solide et compacte de verdure (1). »

Toutes les places libres sont rapidement envahies par les végétaux les plus divers. Dans son voyage sur les bords de l'Arouhouimi, Stanley a observé des anciens défrichements de pygmées, ces sauvages si étranges qui demeurent cachés dans les profondeurs de la grande sylve africaine. Les clairières délaissées par eux depuis moins d'une année montrent « des merveilles de vie, une fécondité inouïe, une infinité d'espèces poussant avec une vigueur sans pareille ». De cette végétation puissante ne tardent pas à émerger des *arbres* destinés à devenir géants, car, à l'état adulte, ils ont de 50 à 60 mètres et dressent vers le ciel leurs troncs qui, comme des piliers d'église, forment la charpente fondamentale de la forêt. Au-dessous d'eux, on observe alors un bois nouveau formé par des arbres moins hauts qui abritent à leur ombre une multitude d'arbrisseaux et de plantes herbacées.

Entre les hautes colonnes que nous venons de mentionner s'élancent dans toutes les directions des *lianes* qui pendent comme d'énormes cordes tordues, qui retombent sur le sol à la surface duquel elles rampent comme des êtres monstrueux, puis « montent le long de nouveaux supports, suspendent d'un arbre à l'autre des guirlandes de verdure et de fleurs, glissent encore une fois dans l'herbe, regrimpent jusque tout

(1) « Il faut s'ouvrir un tunnel à travers ces masses étouffantes, dit Stanley, tellement mêlées, enchevêtrées, entrelacées que, si le sommet était plan, il semblerait facile de faire route par-dessus. »

en haut pour passer sur d'autres cimes, et, tendues comme des câbles ou pendant mollement en longues franges fleuries, relient l'ensemble des arbres en un tout continu (1) ». D'autres fois les lianes restent plaquées sur les troncs, elles s'enroulent autour d'eux comme des serpents qui marquent leur place dans l'écorce par des sillons profonds, comme si l'arbre avait été étouffé par la sarmenteuse qui l'étreignait.

Un autre caractère des plus frappants de la forêt vierge tient à l'existence d'une *flore épiphyte* dont nous n'avons pas l'idée en Europe, car les Mousses, les Lichens et les Algues que nous observons sur l'écorce de nos vieux arbres ne peuvent pas nous permettre de concevoir l'importance de ces magnifiques plantes fixées aux branches, aux lianes souvent les plus grêles et aux racines les plus délicates qui pendent partout dans le bois. Ce sont des jardins suspendus, c'est une sorte de forêt aérienne qui est comme greffée sur la première. Cette végétation épiphyte acquiert quelquefois une très grande puissance, il n'est même pas rare de voir un arbre installé sur un autre et ce dernier, « semble être, dit Agassiz, sous l'étreinte d'immenses serpents, tant est grosse la tige des épiphytes (l'auteur dit parasites) qui s'enroulent autour de lui ».

On est tenté d'attribuer à ces plantes aériennes un rôle très nuisible, elles ne sont cependant en réalité que superficiellement accrochées à la plante qui les porte, car elles ne pénètrent pas dans ses tissus ; elles ne méritent donc, comme les lianes, que le nom des parasites de l'espace ; mais les compétitions qui s'établissent ainsi entre les divers végétaux pour la prise de possession des places vides n'en constituent pas moins un des aspects des plus intéressants de la lutte pour l'existence. Cependant le combat est bien plus direct et beaucoup plus âpre lorsqu'il s'agit de *parasites* véritables qui perforent l'écorce de l'arbre qui leur sert de support pour vivre à ses dépens. Il se produit ainsi sur la couronne de la forêt une flore très importante que l'on peut être amené, au premier aspect, à confondre avec la précédente, mais qui s'en distingue complètement, car les conditions de vie de ces deux types de végétation sont tout à fait différentes.

(1) M. Massart.

Les parasites ne s'installent d'ailleurs pas seulement sur les

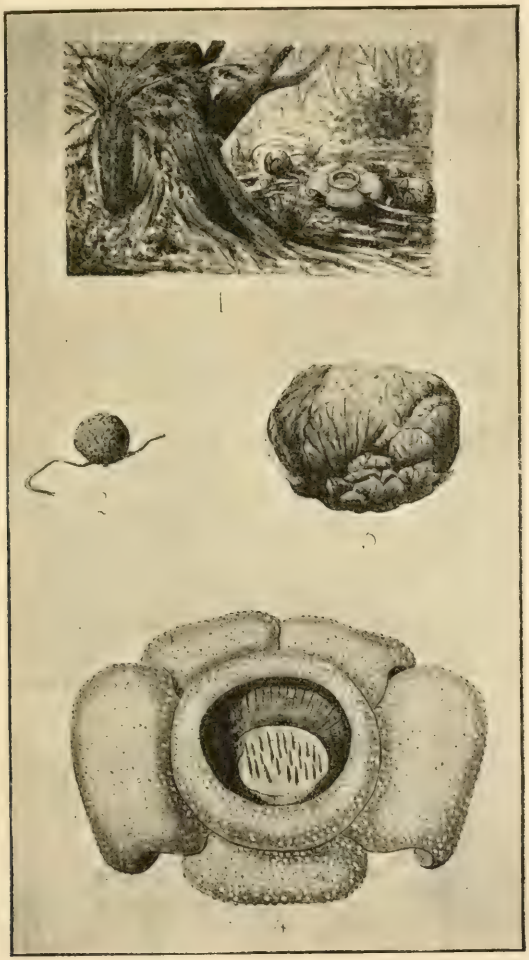


Fig. 2 à 5. — 1. Aspect d'un coin de forêt vierge : à gauche une Fougère arborescente ; à droite plusieurs fleurs de *Rafflesia*, espèce parasite dont les fleurs atteignent souvent 1 mètre de diamètre. — 2. Bourgeon floral d'un *Rafflesia* avec la racine de la plante qui lui sert d'hôte. — 3. Bourgeon à moitié ouvert. — 4. Fleur énorme épanouie de la même plante.

hautes branches des arbres, on peut les rencontrer sur le sol : elles se nourrissent alors aux dépens des sucs qu'elles puisent

dans les racines voisines. Végétant dans la partie basse et obscure de la forêt, ces plantes sont décolorées, leurs fleurs deviennent énormes (*fig.* 2 à 5), leur aspect est tout à fait étrange et rappelle celui des Champignons. Elles constituent une des grandes curiosités de la végétation tropicale. A côté d'elles, on remarque quelques herbes grêles, également dépourvues de toute teinte verte, souvent blanches, quelquefois brillamment colorées en rouge vif, bleu ou jaune : ce sont des êtres chétifs qui ont pâti dans la lutte pour la vie et qui se sont dégradés par suite des conditions misérables dans lesquelles ils végètent. Dans beaucoup de pays, leurs teintes singulières ont frappé les indigènes qui les désignent quelquefois sous le nom de « barbe du diable ». Ces plantes, que l'on appelle *saprophytes*, ne pouvant se nourrir aux dépens de l'acide carbonique de l'air puisqu'elles n'ont pas de matière verte dans leurs tissus, ont été obligées de chercher dans les détritus du sol, dans les feuilles pourrissantes, dans les brindilles en décomposition les aliments qui leur sont nécessaires ; cette nutrition ne pouvait manquer d'avoir des conséquences pour la structure, et l'organisation de ces êtres porte la trace indélébile des effets de leur mode de vie si étrange.

La forêt vierge est, on le voit, un véritable champ de bataille où les plus puissamment armés en apparence ne sont pas toujours ceux qui survivent : l'arbre le plus gigantesque pourra être étouffé par les lianes qui s'enrouleront autour de lui, il sera rongé par les parasites qui l'épuiseront, tandis que la plante saprophyte grêle réussira parfaitement dans une région qui ne peut être habitée que par elle. L'important pour le végétal est de bien s'adapter aux conditions qu'il doit rencontrer dans le cours de son développement. Une particularité de structure en apparence infime assure souvent à une espèce une supériorité marquée sur les voisines ; et c'est seulement un examen attentif qui apprend pourquoi la première survit et les secondes sont détruites. Une preuve établissant le bien fondé de la remarque précédente peut être fournie par l'étude des *plantes qui hébergent des fourmis*. Le rôle de ces insectes est considérable dans les régions tropicales ; partout, dit Stanley, on y observe de « malfaisantes colonnes d'industrieuses fourmis montant ou descendant sur

les troncs, parmi les vallées et les chaînes de montagnes que leur présentent les rides de l'écorce » (1), partout on assiste à des combats entre des représentants de groupes différents. Quelques-unes de ces fourmis émigrent, et, quand l'homme rencontre l'avant-garde de leur armée, il doit s'enfuir au plus vite. On conçoit d'après cela que les végétaux aient à redouter la présence de certaines espèces qui dévastent souvent des régions entières en coupant les feuilles de toutes les plantes qu'elles rencontrent. Quand ces fléaux de la flore existent en un point, on est tout étonné de voir certains arbres subsister au milieu d'un canton désolé : cette anomalie s'explique, car, lorsqu'on examine ces plantes, on constate qu'elles donnent asile à une espèce particulière de fourmi qui se charge de leur défense. Dès que les ennemis sont signalés, la tribu protectrice entière sort de ses nids, la lutte s'engage et les coupeuses de feuilles, ces insectes dévastateurs de la végétation tropicale, sont immédiatement repoussées. Cet exemple nous permet de découvrir un de ces liens cachés qui unissent souvent entre eux les êtres les plus éloignés.

Certains organismes paraissent voués à une mort inévitable parce qu'ils sont mal accommodés aux conditions de la vie continentale ; aussi ne peuvent-ils survivre qu'en émigrant sur des régions dédaignées de leurs adversaires. Ces espèces acquièrent alors fréquemment sur les territoires littoraux qu'elles ont conquis une supériorité manifeste vis-à-vis de leurs concurrents de l'intérieur des terres et donnent naissance à des flores spéciales qui ne se rencontrent que près de la mer. C'est ce qui arrive notamment pour les plages vaseuses qui se trouvent à l'embouchure des fleuves et sur le bord des continents et des îles où se développe la *Mangrove*, végétation formée par ces Palétuviers que les flots de la mer viennent battre à chaque marée et partiellement submerger.

Si l'on explore toutes les régions équatoriales, on constate avec étonnement que la flore de la Mangrove s'y retrouve avec des caractères identiques, car presque partout s'observent

(1) Stanley ajoute : « Posez seulement la main sur un arbre, couchez-vous sur le sol, touchez une branche tombée, et vous comprendrez l'activité dévorante, la furie venimeuse qui animent ces minuscules peuplades. » — « Il ne faut ni s'asseoir, ni se reposer sur ce sol où pullule la vie. »

les mêmes espèces, et ceci est aussi vrai pour les continents que pour les îles perdues au milieu de l'Océan, à d'énormes distances des autres terres. Nous aurons à rechercher par quels procédés se fait cette propagation de la végétation à travers les mers. Cette étude nous amènera à examiner la constitution de la *flore intérieure des îles* et nous verrons quels problèmes intéressants se posent à ce sujet. Depuis que la théorie de l'évolution a complètement renouvelé les sciences de la nature, la connaissance de la flore et de la faune des îles éclaire d'une vive lueur l'histoire de la terre. Quand nous trouvons, par exemple, dans une île comme Madagascar ou l'Australie, des êtres qui n'existent plus ailleurs aujourd'hui à la surface du globe, mais qui ont vécu autrefois en Europe (1), nous pouvons nous demander à quoi tient cette singulière distribution géographique dans le temps et dans l'espace; au premier abord, le problème qui se pose ainsi paraît insoluble, mais si ces êtres sont incapables de passer la mer, nous devons en conclure, en nous appuyant sur le transformisme, qu'il y a eu autrefois des ponts entre ces îles et les continents. Ce sont là, comme on le voit, des conséquences d'une certaine portée que nous pouvons déduire avec quelque confiance maintenant que nous savons que la métamorphose des êtres est fondée sur des preuves qui peuvent, au moins dans un cas, être considérées comme directes (2). La surface de notre globe a donc éprouvé de grands changements dans les temps passés. Les géologues modernes tendent, à la suite d'un illustre savant viennois, M. Süss, à revenir aux anciennes hypothèses des cataclysmes terrestres auxquelles, depuis Lyell, on avait substitué la théorie des changements lents de l'écorce terrestre. A certaines époques, d'après ces nouvelles conceptions, de vastes étendues de la croûte du globe se seraient effondrées et, parmi les phénomènes de cet ordre que la science considère comme très vraisemblables, on peut citer l'affaissement d'un continent qui aurait existé au nord de l'Atlantique.

Il semble que l'humanité ait conservé le souvenir du dernier

(1) Les Marsupiaux d'Australie, par exemple, ou les Lémuriens de Madagascar.

(2) Costantin, *les Végétaux et les Milieux cosmiques*, p. 83 à 89 (Bibl. internat. 1898, F. Alcan, édit.).

de ces bouleversements terrestres, et M. Süss, en étudiant les traditions qui se rapportent au déluge chez les différents peuples, est arrivé à cette conviction. Cette manière de voir paraît d'ailleurs en accord avec les faits singuliers que nous avons cherché à mettre en lumière à la fin de ce livre relativement à l'existence d'un culte primitif d'où seraient sorties toutes les religions anciennes, culte dans lequel les arbres jouaient un rôle aussi important que les animaux et qui était fondé sur cette idée primordiale que le *Poulpe était l'ancêtre de l'homme.*

L'énumération que nous venons de faire de toutes les questions qui se posent successivement à l'esprit lorsqu'on étudie la végétation équatoriale marque les grands traits du plan que nous suivrons dans cet ouvrage. Nous examinerons d'abord la constitution de la forêt dont la végétation arborescente nous révélera la structure fondamentale. L'étude des lianes, des épiphytes, des parasites, des saprophytes, des plantes à fourmis, nous apprendra ensuite comment, à l'ombre de la forêt puissante, la vie végétale a pullulé et s'est modifiée. L'exposé des caractères des plantes du littoral nous amènera à considérer la flore des îles, et c'est ainsi que nous serons conduits à aborder l'examen des questions que nous venons d'indiquer en terminant.

Il va de soi que notre intention n'est pas de faire une description qui serait bien vite fastidieuse de l'immense végétation tropicale. Nous nous efforcerons seulement, à propos de l'étude de chaque groupe de plantes, de mettre en évidence le rôle des facteurs cosmiques qui ont présidé à son évolution ; nous chercherons par conséquent, derrière le spectacle changeant des phénomènes, à déterminer les lois qui règlent leur apparition sur la scène du monde.

Chemin faisant, nous tâcherons de montrer, par quelques exemples, que l'intérêt de nos recherches n'est pas seulement spéculatif, car la connaissance approfondie de la vie tropicale va s'imposer de plus en plus aux nations civilisées. Quand

l'occasion s'en présentera, nous rappellerons quels magnifiques résultats ont été obtenus dans certains pays tropicaux par l'application de nouvelles méthodes résultant des études entreprises sur la flore des régions chaudes, données nouvelles dont les nations colonisatrices doivent tenir grand compte. Le nom de Java reviendra, à ce propos, plusieurs fois sous notre plume, cela se conçoit, car le gouvernement hollandais a été initiateur dans cette voie : il a compris le premier les immenses services que peut rendre un institut botanique tropical, surtout quand on le dote d'une manière royale et qu'on met à sa tête un homme éminent. Espérons que ce gouvernement trouvera des imitateurs intelligents et que dans l'avenir on ne dira plus comme maintenant que le jardin botanique de Buitenzorg est unique au monde.

CHAPITRE II

CLIMAT ÉQUATORIAL

Avant d'aborder l'étude des caractères de la végétation arborescente qui doit nous occuper en commençant, nous devons au préalable fixer nos idées sur le climat des pays que nous allons étudier.

Nous décrirons, pour préciser, surtout les caractères climatologiques de Batavia ou de Buitenzorg (à Java) et de Lagoa-Santa (dans l'Amérique du Sud).

Les hautes températures dans les régions tropicales ne sont pas beaucoup plus élevées que dans nos pays. On observe par exemple les suivantes :

Buitenzorg (Java)	30°,1
Batavia (Java)	32°,7
Singapour	33°,6
Ceylan	32°,8

Ce ne sont pas, on le voit, des chiffres notablement différents de ceux qu'en Europe Paris, Vienne, Berlin ou Munich peuvent offrir pendant l'été.

Les différences par une autre méthode, se manifestent quand on compare la moyenne du mois le plus chaud à Batavia (septembre), qui est de 25°,5, à celle du mois le plus froid (février), qui est de 24°,5 : ce qui correspond, en somme, à une variation moyenne de 1 degré seulement dans l'année. Les écarts des températures extrêmes sont un peu plus grands ; en ce même lieu, on observe des variations entre + 20°,9 et 30°,1, ce qui donne une différence de 9°,2.

A Paris, la moyenne de température du mois le plus chaud

(juillet, est d'environ une vingtaine de degrés : la moyenne du mois le plus froid, environ 4 degrés ; il y a donc un écart de 16 degrés entre elles. Quant aux différences moyennes des températures extrêmes, elles sont pour l'Europe continentale de 40 à 50 degrés.

On voit donc, d'après ces données, que la dénomination de pays à climat tempéré s'applique assez mal aux contrées septentrionales.

Décrivons les changements de température dans le cours d'une journée à Java. A cinq ou six heures du matin, le thermomètre marque déjà 21 à 23 degrés. Malgré cela, les gens qui sont dehors à cette heure matinale s'enveloppent frileusement. En une dizaine de minutes, à la nuit noire succède le jour complet, et le soleil élève vite la température qui atteint 29 à 31 degrés de midi à deux heures ; l'après-midi, le thermomètre s'abaisse brusquement et retombe à la température initiale de 21 à 23 degrés, à laquelle il se maintient pendant toute la nuit.

Cette soudaine diminution de chaleur tient à l'arrivée d'un orage qui éclate tout à coup vers une heure ou deux. Le tonnerre gronde répercuté de volcan à volcan, sans un instant de répit, et la pluie tombe à torrents ; en un clin d'œil, les sentiers, les routes sont transformés en torrents. En général, la durée de cette tourmente est courte, au bout de peu de temps le ciel est redevenu bleu et la nature est alors admirable : quelquefois cependant l'averse dure plusieurs heures, mais l'atmosphère est en général à nouveau pure au moment du coucher du soleil, qui disparaît brillamment au-dessous de l'horizon. La quantité d'eau qui tombe ainsi est énorme, le niveau du pluviomètre s'élève souvent, en une seule fois, de 40 à 100 millimètres ; on a vu des orages pendant lesquels on récoltait 140 millimètres de pluie, c'est-à-dire le cinquième de la quantité totale d'eau que nous recueillons en une année dans l'Europe occidentale. On conçoit, d'après cela, qu'il ait été nécessaire de canaliser les allées du jardin botanique de Buitenzorg. Le nombre des jours de pluie dans un mois est de 14 à 24, et, dans toute l'année, de 235. La vie sans humidité paraît donc impossible à Java et, lorsque trois journées se sont passées sans eau, tout le monde se plaint de l'intolérable chaleur : une semaine de sécheresse est une calamité publique.

Le mois le plus riche en pluie est celui de janvier, il tombe en moyenne 473 millimètres d'eau ; le plus pauvre est août, pendant lequel on peut encore en récolter 257 millimètres. L'ensemble des précipitations atmosphériques pour une année est de $4^{m}.70$. Buitenzorg est donc un des points du globe où il pleut le plus et qui doit présenter, par cela même, des conditions tout à fait exceptionnelles pour la croissance rapide de la végétation.

La production d'un orage journalier ne modifie pas seulement la température au milieu de la journée, elle change aussi complètement l'état hygrométrique de l'air. C'est entre midi et une heure que l'air est le moins chargé de vapeur d'eau et néanmoins l'hygromètre marque alors 70 à 80 degrés ; vers trois ou quatre heures du soir, on peut noter à cet instrument 90 à 95 degrés ; et un état hygrométrique voisin de la saturation se maintient toute la nuit jusqu'à sept heures du matin.

En dehors de ces variations journalières de l'hygromètre qui caractérisent déjà d'une manière si remarquable le climat de Buitenzorg, nous avons à mentionner les variations annuelles qui sont également très importantes. Du mois de novembre au mois d'avril, le vent est presque constamment nord-ouest et les pluies sont très abondantes. On peut se proposer de chercher quelles sont les causes de cette division de l'année en deux périodes, l'une de sécheresse, l'autre d'humidité.

Imaginons que la terre soit un sphéroïde entièrement couvert d'eau, un principe général très simple réglera alors le déplacement des masses gazeuses de l'atmosphère : l'échauffement étant très grand à l'équateur, il s'y produira une ascension de l'air qui déterminera dans les deux hémisphères des vents allant du nord au sud (hémisph. boréal) ou du sud au nord (hémisph. austral) ; mais, à cause de la rotation de la terre, ces courants d'air seront un peu déviés, de sorte que les courants aériens se produiront dans l'hémisphère boréal dans la direction nord-ouest, et dans l'hémisphère austral dans la direction sud-est. Tel est bien, à peu près, le résultat qui se produit, entre les tropiques, à cause de la prépondérance des mers dans les régions équatoriales. Les vents *alizés* y soufflent d'une manière très régulière entre les parallèles de 30 degrés (*fig.* 5, *a et a'*), tandis que sous l'équateur même le phénomène des calmes est extrêmement fréquent (*fig.* 5, *c*). Ces vents alizés ayant passé sur une grande étendue de mer sont

chargés de vapeur d'eau ; s'ils viennent à rencontrer de hautes montagnes, cette vapeur d'eau se résout en pluie. Ces vents doivent s'observer surtout à une certaine distance de l'équateur, car, au voisinage de cette ligne, les deux courants d'air étant opposés se neutralisent mutuellement. D'après cela, si les vents alizés existaient seuls toute l'année, l'humidité serait très faible sous la latitude zéro : or, la période pendant laquelle ils agissent à Java dure d'avril à septembre, c'est la saison sèche. Malgré cela, comme nous l'avons vu plus haut, il tombe une quantité notable d'eau dans cette période, parce que la colonie hollandaise est un peu au sud de l'équateur.

Fig. 6. — *a*, *a'*, régions où dominent les vents alizés. — *c*, région des calmes équatoriaux. — *m*, moussons. — *e* centre de dépression barométrique de 748 où se manifeste en été un appel des vents de la mer. — *h*, centre de dépression de 778 en hiver, émission des vents vers la mer.

Cherchons à expliquer l'origine de la saison des pluies intenses. La terre n'est pas, ainsi que nous l'avons supposé plus haut, un sphéroïde couvert d'eau, et les continents contribuent beaucoup à modifier la direction générale des vents. Pendant l'été les régions continentales s'échauffent beaucoup plus que les parties liquides et, par contre, se refroidissent davantage pendant l'hiver. Il en résulte que l'air est sensiblement plus chaud pendant l'été au-dessus des terres de l'hémisphère nord, c'est-à-dire de l'Asie, qu'au-dessus de l'Océan, sur l'équateur, en Océanie. Il doit donc se produire, pendant la saison estivale de l'hémisphère nord, un vent allant de l'équateur vers les continents très fortement chauffés : il existe, en effet, un centre de dépressions barométriques en *e* (*fig.* 6). Pendant la saison hivernale de ces mêmes régions boréales, les vents se dirigeront des terres asiatiques plus froides vers les mers océaniennes qui seront plus chaudes, il y aura en *h* un centre de hautes pressions (*fig.* 6).

Appliquons ces données générales à Java. On sait que lorsque, à partir de novembre, le froid s'installe en Europe et en Asie, l'été existe en Australie. A partir de cette époque, les déserts australiens s'échauffent énormément : il règne donc des vents qui, ayant passé sur l'océan Indien, arrivent à Java chargés d'eau ; comme ils rencontrent les montagnes de cette île, une condensation de vapeur d'eau s'opère, et des pluies abondantes se produisent journellement jusqu'en avril. C'est la saison des pluies, la *mousson humide*.

A partir de ce moment, le printemps commence à s'épanouir en Europe et en Asie, l'Australie se refroidit au contraire et un courant aérien, en sens inverse, tend à se produire, mais il rencontre les vents alizés de l'hémisphère nord, aussi les neutralise-t-il. Seuls les alizés de l'hémisphère sud peuvent manifester leur action, et c'est grâce à eux que la saison sèche pourra encore présenter des pluies relativement si abondantes dans l'archipel de la Sonde.

Examinons maintenant, comme second exemple, le climat de Lagoa-Santa, petit district de l'État brésilien de Minas-Geraïs que M. Warming a pu étudier récemment d'une manière très attentive pendant un séjour de trois années qu'il a fait dans ce pays.

La température moyenne est de 20°,5 variant de 16 degrés en juin à 24°,7 en janvier.

La saison sèche commence en avril et dure jusqu'en septembre, la période des pluies s'étend d'octobre à mars. Les plus fortes pluies tombent de novembre à janvier ; il y a souvent de neuf à vingt journées pluvieuses dans un mois.

Ce sont les mêmes causes que tout à l'heure qui amènent les deux saisons si tranchées que nous venons de mentionner. Pendant l'hiver boréal, c'est-à-dire à partir de novembre, la partie méridionale de l'Amérique du Sud, le centre du Brésil, la république Argentine, sont fortement échauffés, l'Amérique du Nord est au contraire très froide ; il en résulte encore un vent nord-ouest qui arrive chargé de vapeur d'eau par son passage au-dessus de la mer des Antilles et de l'océan Pacifique, il dépose son humidité sur tout le Vénézuéla, les Guyanes et le Brésil. A partir du printemps et pendant l'été boréal, ce sont, au contraire, les plateaux du Mexique et la région des prairies aux États-Unis qui s'échauffent ; un vent sud-ouest

tend à se produire qui neutralise encore les vents alizés de l'hémisphère boréal, mais qui, s'ajoutant aux vents alizés de l'hémisphère austral, amène des pluies sur la côte est du Brésil

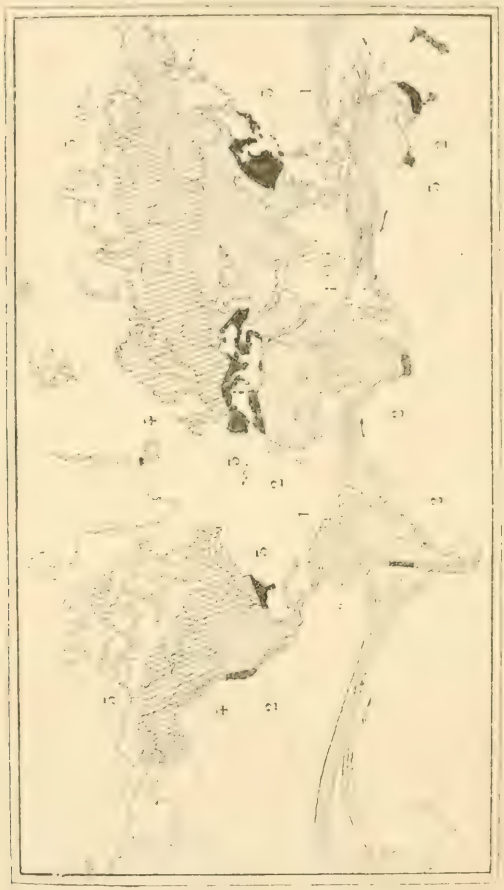


FIG. 7. — Carte donnant d'une manière simplifiée les différentes zones de végétation des continents. 1. Flore tropicale. — 2. Flore des régions désertiques, savanes ou steppes. — 3. Faciès méditerranéen. — 4. Flore des forêts tempérées. — 5. Flore arctique.
(Les courants marins des régions équatoriales servent à faire comprendre comment la flore de la Mangrove peut être uniforme ; voir le texte page 251.)

et de l'Amérique du Sud ; aussi la flore tropicale descend-elle assez bas sur cette région, tandis qu'elle manque complètement sur la côte ouest du Mexique, au-dessus de la latitude 20 degrés (*fig.* 7 [1]).

On peut faire sur le continent africain des remarques à peu près semblables comme on s'en assure en consultant la figure 7.

En résumé, on peut donc dire que, dans toute la zone tropi-

cale, on rencontre une flore magnifique parce que deux éléments essentiels au développement de la végétation, la chaleur et l'humidité, sont fournis largement aux plantes qui s'y trouvent. Ce sont ces deux facteurs qui contribuent à donner à la végétation les caractères que nous allons décrire. Par suite de la prédominance des continents dans l'hémisphère nord et de l'Océan dans l'hémisphère sud, cette flore est plus développée au sud, et cela se voit nettement en Afrique où une région désertique s'avance bien au-dessous des tropiques (*fig.* 7). Nous avons cru devoir insister sur ce qui précède pour bien limiter la région que nous allons étudier, nous voyons donc que cette flore, qui prédomine surtout près de la ligne, serait mieux appelée équatoriale que tropicale.

Les anciens avaient saisi, mieux que nous peut-être, le rôle considérable que jouent les deux facteurs chaleur et humidité que nous venons d'indiquer, mais ils traduisaient leurs observations dans un langage qui nous déroute. Ils savaient bien que la terre recèle dans son sein la cause ou les germes des êtres, mais qu'elle a besoin d'être fécondée à la fois par les pluies qui semblent venir du ciel et par la chaleur qui vient du soleil. Les vicissitudes des saisons sont donc liées aux mouvements des astres, aussi regardaient-ils le ciel comme la cause active de tous les changements qui se manifestent sur la terre. « Le ciel était le père, disait Plutarque, parce qu'il versait la semence dans le sein de la terre par le moyen de ses pluies, la terre, qui, en les recevant, devenait féconde et paraissait être la mère. » « La terre, dit Virgile, s'entr'ouvre au printemps « pour demander au ciel le germe de la fécondité, l'union de leurs deux immenses corps donne la vie et la nourriture à tous les êtres ». Les nuages, selon les hymnes védiques, sont les vaches célestes qui renferment caché dans leur sein le feu divin qui jaillit quand la foudre éclate et que le tonnerre gronde ; ce feu sacré se dissimule dans les pluies, puis dans la sève des plantes ; il reparaît entre les deux morceaux de bois que l'on frotte l'un contre l'autre dans l'opération du sacrifice : il existe dans tous les êtres et l'homme lui même est la suprême étincelle du Divin Agni, car son souffle s'éteint quand le froid envahit ses membres. Dans ces belles conceptions, le soleil était la force souveraine qui créait les êtres et qui par conséquent les pétrissait à sa guise.

PREMIÈRE PARTIE

ORIGINE DE LA FORÊT

CHAPITRE III

LES ARBRES ET LEUR ARCHITECTURE

Parmi les plantes qui composent la forêt vierge, les arbres tiennent le premier rang; ce sont eux, en effet, qui constituent la masse essentielle de la végétation, car tout le reste peut manquer ou n'être que faiblement développé; on peut à juste droit les comparer à la charpente de l'édifice, au squelette de l'animal. C'est leur présence qui caractérise la flore tropicale et qui donne aux paysages où elle se trouve leur aspect le plus frappant.

Comment cette magnifique végétation a-t-elle pu se former? Nous l'avons déjà indiqué brièvement dans un autre ouvrage (1). Nous avons montré comment certaines plantes qui sont annuelles et herbacées dans les pays septentrionaux deviennent arborescentes dans les régions équatoriales (Ricin, *Maraudia*, *Caiophora*). Cette expérience si remarquable nous permet d'entrevoir comment le caractère tiré de la consistance ligneuse a pu naître chez tant de plantes des pays chauds. Si l'hérédité est l'effet accumulé de l'action du milieu, comme nous nous sommes efforcé de le démontrer dans un cas particulier (2), il en résulte qu'une plante qui a subi pendant un nombre incalculable de siècles l'action du climat équatorial a dû devenir héréditairement un arbre, bien qu'à l'origine la lignification et la

(1) *Les Végétaux et les Milieux cosmiques*, p. 33.
(2) *Ibid.*, p. 83.

haute taille aient pu être des particularités tout à fait instables.

L'action de températures uniformément élevées et de pluies abondantes se manifeste d'ailleurs encore à l'heure actuelle d'une manière bien évidente par la rapidité avec laquelle s'effectue la croissance dans les régions voisines de l'équateur. On peut citer, à ce propos, des chiffres tout à fait frappants qui démontrent nettement ce fait.

M. Kraus a suivi l'élongation des pousses de Bambou, il a constaté que l'allongement en 24 heures était en moyenne de 19 à 23 centimètres; il a même vu, dans certains cas, cet accroissement atteindre 57 centimètres (1). Évidemment nous n'observons jamais dans les pays froids une pareille rapidité de développement, même chez les végétaux qui grandissent le plus rapidement (2). C'est surtout à l'obscurité que cette augmentation se produit, elle est souvent double de l'allongement qui a lieu pendant le jour; et c'est à la persistance indéfinie de la croissance pendant les nuits qui ne sont jamais froides que la végétation des tropiques doit son magnifique essor. Dans les pays septentrionaux, quand les nuits sont chaudes, leur durée est très courte; sitôt qu'elles deviennent plus longues, la température s'abaisse notablement et la croissance de la végétation devient impossible. Quant à la lignification des tissus internes, elle est en rapport avec la transpiration, et c'est à l'activité du courant de sève qui arrive en grande abondance des racines qu'il faut attribuer, selon M. Koch, le riche développement des vaisseaux.

On cite souvent quelques exemples bien probants de la vitesse de cette évolution. Près du gymnase Guillaume III, à Batavia, on planta en 1874 un pied de l'*Eucalyptus alba* de Timor; au bout de trois années, il avait 15 mètres de haut, c'est-à-dire la taille d'un très grand Marronnier. Des échantillons de l'*Albizzia moluccana* Légumineuse ont souvent au bout d'une année 5 à 6 mètres, et ils atteignent 25 mètres en six

(1) D'après Wallich, un *Bambusa arundinacea* se serait développé en 15 jours de $7^{m},85$.

(2) Il est à remarquer toutefois que la croissance a lieu d'une manière irrégulière; car souvent, après augmentation de 57 centimètres en un jour, on n'observe le lendemain qu'une élongation de 3 centimètres. Ces variations, qui sont indépendantes des conditions extérieures, paraissent dépendre des obstacles que doit vaincre la tige pour rompre les gaines foliaires sous lesquelles elle est emprisonnée.

ans. En 1887, une allée du jardin botanique de Buitenzorg fut ensemencée avec des graines de Palmiers appartenant à l'*Oreodoxa regia;* en 1894, on pouvait observer en ce point de magnifiques arbres ayant 15 mètres de hauteur. Une autre Légumineuse également remarquable par la rapidité de sa croissance est le *Schizolobium excelsum*, qui donne au bout de trois années un arbre qui atteint souvent 20 mètres; d'ordinaire jusqu'à 15 mètres la plante reste simple, et c'est à partir de ce moment qu'elle se ramifie en parasol.

Une pareille vigueur de développement permet d'entrevoir comment quelques-unes de ces plantes peuvent atteindre des dimensions véritablement colossales : c'est à une tour qu'il faut comparer des végétaux comme les *Altingia*, Saxifragacées-Hamamélidées, qui peuvent avoir fréquemment jusqu'à 60 mètres de hauteur (1).

L'uniformité du climat contribue puissamment à l'épanouissement de la végétation arborescente, c'est ce qui explique l'importance si grande des plantes ligneuses dans les îles, même quand elles sont un peu éloignées de l'équateur. Aux Sandwich, qui sont entre 19 et 22 degrés de latitude nord, il y a une proportion tout à fait inusitée d'arbres et d'arbustes : sur 574 plantes indigènes, il y a près de 300 plantes ligneuses. On observe cette lignification chez des familles qui, en Europe, sont exclusivement composées de plantes herbacées. Il y a trois espèces de *Viola* qui sont des buissons de 1 mètre de haut. On y rencontre des *Silene* qui ont la même taille ; le *Geranium arboreum* atteint jusqu'à 3 mètres ; les Composées endémiques sont de véritables arbres qui ont de 6 à 9 mètres; les nombreuses Lobéliacées, toutes spéciales à cet archipel, sont des arbres qui ressemblent à des Palmiers. Les mêmes remarques s'appliquent à Juan Fernandez, groupe d'îles qui se trouvent en face le Chili, dans l'océan Pacifique, à 34 degrés de latitude australe, dans lesquelles on trouve des Composées de

(1) Dans la grande sylve africaine, selon Stanley, les arbres atteignent jusqu'à 54 mètres de haut. Certains arbres comme les *Eucalyptus* d'Australie ou les *Sequoia* de Californie peuvent atteindre une taille plus grande encore ; on connaît des individus qui ont 110 mètres. Ce sont, semble-t-il, des représentants gigantesques des flores tropicales anciennes qui occupaient autrefois une aire beaucoup plus grande sur le globe, et qui se sont maintenus sur place avec leur taille primitive devenue héréditaire.

7 mètres de hauteur (*Dendroseris macrophylla*, voir la figure 140, p. 258). La persistance aussi loin de l'équateur de Composées arborescentes est un fait très remarquable, qui est vraisemblablement en rapport avec l'histoire de ces îles, car elles renferment une flore très anciennement différenciée qui a dû se maintenir par suite de son isolement des continents quand les pôles se sont refroidis.

D'ailleurs l'épanouissement de la végétation arborescente chez les représentants des familles que nous venons de mentionner n'est pas lié à la vie insulaire, et on peut observer des Composées gigantesques dans l'Afrique tropicale (*fig.* 8 p. 28) : le *Senecio Johnstonii* notamment nous donne l'idée de ce que peuvent devenir dans les contrées chaudes des herbes comme les Séneçons que chacun a pu ramasser dans nos pays.

Fig. 8. — *Senecio Johnsthonii*. Composée tropicale arborescente du même genre que les Seneçons de nos pays (d'après Oliver).

L'étude complète d'un genre qui possède une grande aire de dispersion, qui s'observe, par exemple, sur presque toute la surface du globe, peut être très instructive au point de vue qui nous occupe. Si nous examinons les subdivisions du genre *Polygala* (1), nous remarquons que l'état d'arbuste (*fig.* 9 à 14,

1) *Phlebotœnia*, buissons très ramifiés, dressés, Cuba ; *acanthocladus*, buissons avec branches pointues, épineuses, Brésil, Paraguay ; *hebecarpa, baduiera*, buissons, Cuba, Saint-Domingue, Jamaïque, — *euhebecarpa hebecarpa*, buissons bas, Amérique centrale, Mexico, Arizona ; *ligustrina*, buissons et buissons bas, 15 espèces de l'Amérique tropicale (*P. gigantea* du Pérou) ; *brachytropsis*, buissons petits semblables à des Éphèdres, sud et ouest de l'Espagne et du Portugal ; *vulgares*, herbes vivaces, Europe.

p. 29 ou de buisson s'observe dans les régions tropicales du globe, tandis que la forme herbacée se montre dans les pays froids. Il y a, en petit nombre, des cas anormaux qu'il y aurait lieu d'examiner de près : quand une plante buissonnante peut se propager sur tout un continent sans obstacle, comme dans l'Amérique du Sud, on la voit quelquefois s'étendre assez loin en dehors des régions tropicales qui sont sa patrie d'ori-

Fig. 9 à 14. — Polygala arborescent (*Polygana Bennettii* Chod). *A*, branche de cette espèce buissonnante à pousses épineuses, qui croît dans le sud du Brésil, qui doit être comparée aux *Polygala* herbacés de nos pays froids. — *B*, *C*, *D*, enveloppes de la fleur de cette plante ; *E*, pistil ; *J*, graine (d'après M. Chodat).

gine tout en gardant son caractère ligneux. Si on laisse de côté ces anomalies peu nombreuses, qui sont certainement explicables, et si l'on se contente d'examiner l'ensemble du genre, on voit donc qu'en gros les espèces herbacées sont

septentrionales et les plantes ligneuses tropicales (1).

Il est d'ailleurs d'autres considérations qui justifient la précédente manière de voir. Les forêts tropicales ne sont pas, en effet, composées d'une espèce unique ou d'un petit nombre d'essences comme nos forêts d'Europe; les espèces les plus diverses y sont mélangées de la manière la plus capricieuse et la plus inattendue. Il en résulte que la profession de forestier est beaucoup plus difficile dans les régions chaudes que dans nos pays. Bien souvent, quand l'observateur a remarqué un individu d'une espèce dans une forêt, il n'en trouve pas un second; comme la détermination de ces plantes est souvent délicate, qu'elle exige des échantillons de fleurs et de fruits que l'on ne peut pas se procurer à une époque quelconque de l'année, il faut procéder d'une manière très spéciale pour faire l'inventaire des richesses forestières d'une région. A Java, en particulier, dans les parties de forêt qui dépendent du jardin botanique, l'administration a établi des réserves où l'on n'abat aucun arbre sans l'ordre des chefs de service. « Puis, dit M. Massart, on a numéroté un exemplaire de toutes les espèces d'arbre et fait tracer des sentiers qui y conduisent. Chaque réserve est placée sous la direction d'un mantari, ouvrier javanais chargé de récolter des matériaux d'herbier des individus numérotés, au fur et à mesure qu'ils fleurissent et fructifient; il doit aussi maintenir en bon état les sentiers que les lianes obstruent sans cesse. »

Grâce à cette méthode, la direction du jardin botanique a rassemblé à Buitenzorg un herbier forestier unique dans lequel tous les échantillons proviennent d'un même arbre pour éviter les confusions avec les plantes voisines. On estime à 1.500 le nombre des espèces arborescentes de Java (2); or on sait qu'il n'y en a qu'une quarantaine dans la flore de l'Europe centrale et occidentale.

La même prépondérance de la végétation arborescente a été également constatée par M. Warming au Brésil, dans le petit district de Lagoa Santa : il y a trouvé 380 espèces d'arbres appartenant à 67 familles différentes : quant aux arbustes

(1) Nous avons expliqué ailleurs l'origine de la persistance des plantes ligneuses peu nombreuses des pays froids (*Végétaux et Milieux cosm.*, p. 36).

(2) Les lianes sont exclues.

formant le sous-bois, il en a compté jusqu'à 300 types (1).

On voit, d'après cette énumération, quel rôle considérable jouent les plantes arborescentes et ligneuses dans les régions équatoriales. Il y a lieu de penser que c'est aux conditions particulières de vie qui s'y rencontrent qu'il faut attribuer cette puissance de végétation, et l'on peut dire, en synthétisant les faits que nous venons d'énumérer, que c'est le climat tropical qui a joué un rôle prépondérant dans la formation de la forêt vierge.

Ce premier point fixé, nous allons maintenant examiner quels caractères spéciaux présentent les arbres qui composent la végétation tropicale. Ils se rapportent soit à la structure générale de l'arbre, soit à l'organisation de son feuillage.

Architecture des arbres. — En dehors de leur haute taille, les plantes arborescentes des régions chaudes se groupent en plusieurs types se distinguant de ceux que nous observons tous les jours dans notre pays par un certain nombre de particularités (2) qui se rattachent à leur port.

Il y a lieu d'abord de noter l'arbre *parasol* dont les branches divergent de la tige mère à une assez grande distance du sol et qui épanouissent leurs branches à peu près à la même hauteur; grâce à cette disposition, le feuillage s'étale largement à la lumière; c'est là une disposition qu'on observe communément à Java pour un certain nombre de Légumineuses (*Cæsalpinia*, *Erythrina*, *Pithecolobium*); les Diptérocarpées à Singapour présentent la même organisation (3).

Fig. 15. — Arbre en forme de candélabre.

(1) Les familles qui ont le plus de représentants arborescents sont les Légumineuses, 15 pour 100; les Myrtacées, 7,1 pour 100; les Lauracées et les Rubiacées, 6 pour 100; etc.

(2) Elles ont été bien caractérisées par M. Haberlandt et M. Warming.

(3) Les arbres à plusieurs étages de feuilles dérivent, en somme, de ce type; on en observe un exemple chez l'*Eriodendron anfractum* (Bombacée).

D'autres fois, la plante forme un *candélabre :* la tige principale reste indivise jusqu'à une grande distance de la base ; les branches supérieures, après avoir présenté pendant un temps très court une orientation oblique, se redressent rapidement de manière à devenir parallèles à la tige mère (*fig.* 15, p. 31). Les *Garuga* (Térébinthacées-Burséracées) nous offrent un bel exemple de cette disposition. Elle peut d'ailleurs être obtenue par un procédé tout différent : il peut arriver que la branche de premier ordre soit horizontale et qu'elle avorte presque de suite, mais après avoir donné une branche secondaire verticale. Ce dernier cas se rencontre chez les arbres qui donnent la cannelle.

Par les deux dispositions que nous venons de décrire, les arbres paraissent avoir résolu le problème le plus important pour eux, qui est de procurer à leurs feuilles la lumière dont elles ont besoin. La lutte pour la vie dans la forêt vierge, — où l'enchevêtrement des plantes est si grand, où la lumière est tellement tamisée que l'on ne peut arriver à obtenir des photographies du sous-bois, — est donc surtout une lutte pour la lumière. C'est ce que Stanley a très bien noté, bien que n'observant pas les phénomènes en botaniste. Décrivant les éclaircies de la forêt dues à des tornades qui ont jeté à bas les arbres de la haute futaie, il remarque que peu de temps après le passage du cyclone « les jeunes s'élancent en foule vers le ciel et se disputent l'air et la lumière, jouant des coudes, s'étranglant, s'étouffant jusqu'à ce que le tout devienne un impénétrable broussis ».

Dans le combat pour la radiation lumineuse, un avantage est assuré aux plantes qui se ramifient le plus tard possible ou dont les branches se dirigent tout de suite vers le haut, mais la victoire est plus certaine encore pour celles qui ne se ramifient pas du tout. Cette tendance à supprimer les ramifications est très accusée pour les *Schizolobium*, Légumineuses dont nous avons déjà décrit la croissance rapide : les branches très peu nombreuses sont toutes groupées au sommet et elles ne portent qu'un bouquet de feuilles terminales ; il arrive même souvent que ces plantes restent simples : la tige indivise surmontée de sa touffe de feuilles évoque nettement dans l'esprit la tige d'un Palmier, d'une Cycadée ou d'une Fougère arborescente. Le port de ces derniers végétaux est, on le sait, très carac-

téristique de la vie tropicale : ne peut-on pas penser qu'il résulte d'adaptations très anciennes à cette lutte pour la lumière ? L'absence de ramification chez les tiges de ces trois types de plantes est un des caractères les plus constants et les plus héréditaires de ces groupes qui ont fait leur apparition à la surface du globe à une époque très reculée. Il n'existait alors sur les continents, surtout dans la période du grand épanouissement des Fougères, que des forêts très denses qui ont imposé à ces végétaux de s'accroître principalement en longueur.

Fig. 16. — *Ficus Rumphii*. — *t*, tige principale; *rp*, racines en palettes; *a*, anastomoses des branches (d'après M. Haberlandt).

Les divers modes d'organisation que nous venons de décrire permettent à l'arbre d'atteindre rapidement la couronne de la forêt et par conséquent le soleil dont ses feuilles ont besoin, mais ce résultat n'est atteint qu'en sacrifiant la solidité de la tige. Cependant la consolidation de cet organe est souvent indispensable, car les tempêtes violentes sont fréquentes sous les tropiques, et les ouragans peuvent produire de graves dégâts dans la forêt. La plante a donc dû faire face à deux nécessités : d'une part chercher la lumière, d'autre part consolider sa tige pour résister aux tourmentes. Suivant les espèces, les procédés qu'elle a employés pour réaliser ces desiderata ont été très variables.

Si l'arbre a une tendance à multiplier ses branches et à s'étaler horizontalement, il compromettra par cela même s'il n'obvie à ce grave défaut, sa stabilité dans la partie supérieure de sa tige et probablement aussi son existence. Dans certains cas comme dans le *Ficus Rumphii*, les ramifications peuvent largement s'étaler grâce aux anastomoses qui se produisent entre toutes les branches : cette particularité donne à l'arbre dépouillé de ses feuilles un squelette très singulier, dont on peut se faire

une idée en consultant la figure 16 (p. 33). Dans d'autres espèces, comme le Figuier des pagodes, on voit pendre de toutes les branches des racines qui descendent pour ainsi dire du haut de l'arbre, s'enterrent, s'épaississent et forment bientôt des colonnes très solides qui contribuent tellement à consolider la plante que la tige mère primitive peut plus tard disparaître sans qu'il en résulte aucun inconvénient pour le végétal (1). Dans ce cas, l'arbre a son corps entièrement en l'air, étalé vers la source lumineuse et parallèlement au sol : il rappelle ainsi une sorte d'animal monstrueux qui s'appuierait sur la terre par des milliers de pattes. On voit par quel procédé singulier la plante est arrivée à réaliser le maximum d'adaptation à la lumière sans compromettre sa solidité. Ce mode de vie entraîne un changement complet dans le port du végétal : l'accroissement horizontal est presque indéfini, de sorte que, lorsqu'on s'approche d'un individu de cette espèce, on se trouve en présence d'une véritable armée de troncs que l'on est tenté de prendre, au premier abord, pour des arbres distincts ; on s'aperçoit vite que l'on a affaire à la plante unique qui a envahi une surface si considérable qu'elle ressemble à une forêt (*fig.* 17, p. 37).

Si nous laissons de côté le dernier cas que nous venons de décrire — où la consolidation de la plante est tellement assurée qu'elle peut se passer de la tige mère, — dans la plupart des exemples que nous avons cités plus haut, la colonne primitive de la plante non seulement persiste, mais a une importance primordiale ; aussi des dispositions particulières existent-elles pour la fixer fortement au sol : des espèces de câbles notamment l'y attachent et servent à la tendre comme un mât. Cette consolidation est réalisée par l'apparition de racines adventives qui, cette fois, ne se produisent pas sur les hautes branches, mais sur l'axe principal et seulement à sa

(1) Cette plante germe quelquefois, mais rarement, sur les branches d'un autre arbre ; ce dernier ne tarde pas à disparaître au milieu de la forêt que produit bientôt le végétal auquel il a servi au début de support. Le *Ficus religiosa* peut croître aussi sur les murs et les édifices. Sa germination sur un arbre était considérée par les anciens Indiens comme un phénomène particulièrement mystérieux et sacré, surtout quand cet arbre était un *Acacia*. Aussi était-ce de ces deux plantes qu'ils tiraient les deux aranis sacrés, morceaux de bois générateurs du feu dans le sacrifice divin.

base. Les *Pandanus* ou Vaquois nous offrent un exemple classique d'une pareille disposition : de la partie inférieure de la tige partent, formant souvent plusieurs étages, des racines dont les plus basses seules s'enfoncent dans le sol, car les supérieures se dessèchent souvent pendant leur trajet dans l'air.

Les Vaquois sont des Monocotylédones, c'est-à-dire des végétaux dont les divers membres ne s'épaississent pas par le jeu de formations secondaires, aussi les racines adventives que nous venons de décrire restent-elles cylindriques indéfiniment. Il n'en est plus de même si ces organes appartiennent à des Dicotylédones ; une fois fixées dans le sol, les racines continuent à croître, mais leur épaississement ne s'opère pas d'une manière uniforme comme dans les régions souterraines ou même aériennes si ces parties ne sont pas fixées au sol. Lorsque survient une tempête et que l'arbre est fortement secoué, les câbles-racines qui l'attachent à la terre subissent de très fortes tractions qui contribuent à les déformer et à modifier profondément leur développement : au lieu de rester cylindriques, ces organes s'aplatissent et ne tardent pas à se transformer en tablettes triangulaires qui adhèrent à l'humus par toute leur base. On peut d'ailleurs assister à tous les stades de cette métamorphose : les jeunes racines adventives qui s'échappent de l'écorce des Chênes de Java sont d'abord parfaitement cylindriques ; dès qu'elles sont fixées, on constate que l'accroissement reste faible ou nul sur les faces inférieures et latérales, tandis que la région supérieure prend un accroissement intense : aussi la partie médullaire est-elle située excentriquement sur la coupe, au voisinage du sol (1).

Cet exemple est le premier que nous ayons à citer de l'influence des agents mécaniques sur la structure ; nous aurons l'occasion, en étudiant plus loin l'organisation interne des lianes, de fournir de nouvelles preuves nombreuses et décisives plaidant en faveur d'une semblable action.

Les palettes ainsi formées se rencontrent souvent entre elles, et à leur point de contact des anastomoses se produisent qui, comme pour les branches du *Ficus Rumphii*, contribuent

(1) Dans la description d'une tempête à laquelle il a assisté sur le bord de l'Arouhouimi, Stanley a bien remarqué le rôle des racines palettes, car il dit que le tronc solide des arbres est maintenu en place par les *arcs-boutants* des racines pendant la tourmente.

puissamment à consolider ce système de soutien (*fig.* 16, *rp*).

Chez les arbres de nos pays, nous n'observons jamais de phénomène analogue à celui que nous venons de décrire, c'est que l'humidité qui y règne est insuffisante pour provoquer l'apparition des racines adventives sur la tige mère. Les pluies constantes qui tombent pendant de longues périodes contribuent, au contraire, sous l'équateur, à rapprocher l'état hygrométrique de l'air du point de saturation ; ces conditions de vie provoquent, dans ces contrées chaudes, l'apparition de racines adventives, puis de palettes qui se retrouvent partout chez les familles les plus diverses (1).

L'humidité, on le sait, favorise l'apparition des racines et il suffit de mettre une bouture de Saule dans une atmosphère close et saturée pour les voir se former en grand nombre.

Les diverses espèces végétales de nos pays ne se comportent pas toutes à la manière des Saules quand on les place dans les conditions précédentes : il y a des variations très grandes dans le phénomène d'irritabilité qui se traduit par l'apparition des racines adventives. Il doit en être de même pour les végétaux des tropiques. Beaucoup d'entre eux ne produisent de racines qu'à la base. Quelques-uns en forment sur tout le tronc et il n'est pas rare de voir des Fougères arborescentes couvertes d'une multitude de petites racines grêles et noires qui abondent surtout en bas de ces végétaux, et leur donnent un peu un aspect de balai. Les diverses espèces de Figuier présentent sous ce rapport les plus grandes variations, et le *Ficus Benjamina*, dont les individus isolés forment à Buitenzorg de véritables bois, nous offre, à ce point de vue, le maximum d'irritabilité : des milliers de racines pendent de toutes les branches de cette plante ; elles se font d'ailleurs entre elles une grande concurrence, beaucoup meurent pendant la descente vers le sol et une sur mille parvient jusqu'à terre

Ce mode de végétation, qui se retrouve dans le Figuier des pagodes, a depuis longtemps frappé l'imagination des Indiens ; aussi quand une de ces racines plus heureuse que les autres

(1) *Turpinia* (Staphyléacée), *Eleocarpus* (Tiliacée), *Ficus* (Urticacée). *Vernonia* (Composée), *Castanea*, *Quercus* (Cupulifères), *Canarium edule* Burseracée, *Engelhardtia* (Juglandée), *Astronia* (Mélastomacée), *Nephelium* (Sapindacée), etc.

arrive au voisinage de la terre, c'est avec des cérémonies sacrées que la place est préparée pour la recevoir. On conçoit

FIG. 17. — Le Figuier des pagodes. L'ensemble de la gravure correspond à une seule plante qui par ses nombreuses racines s'étend sur une surface énorme pouvant avoir jusqu'à 500 mètres de tour.

que l'allure singulière de cet arbre ait profondément impressionné les peuples primitifs, et que ces plantes merveilleuses soient devenues l'objet d'un culte qui depuis les temps les plus

reculés a persisté jusqu'à l'heure actuelle. Encore aujourd'hui le voyageur qui contemple pour la première fois ces végétaux est saisi par une architecture tout à fait inattendue. La vue des Figuiers à l'abri desquels les bouddhistes (1) construisent leurs temples ne fait d'ailleurs qu'exagérer une sensation, qu'éprouve à chaque pas l'Européen qui débarque pour la première fois en pays tropical, d'une chose inattendue et qui est provoquée par l'étonnement que lui cause l'aspect étrange des arbres.

(1) L'*açvattha* ou *pippala* (*Ficus religiosa*) joue dans le Bouddhisme un rôle considérable. C'est l'arbre de la sagesse qui n'a *ni commencement, ni fin*, qui a « *ses racines en haut*, ses branches en bas ; sur lequel tous les mondes reposent ». On le confond à tort avec le *Vata* ou *nyagrodha* (*Ficus indica*) ou Figuier des Banians dont un des noms sanscrits est *bahupâdah*, c'est-à-dire « qui a beaucoup de pieds »; il renaît de ses branches (*skandhaga*, né du tronc), il se confond comme le précédent avec l'arbre cosmogonique (voir ch. XXII). Quand naquit Çakya-Mouni (VIe siècle avant notre ère), une tige prodigieuse de l'*açvattha* poussait au centre de l'univers.

L'arbre s'identifie tellement avec le Bouddha que chaque injure faite à l'arbre l'affecte lui-même. Ces croyances sont antérieures au Bouddhisme, on les retrouve dans les Védas (dont la rédaction remonte probablement à dix siècles avant notre ère). Rousselet, Pietro della Valle et de nombreux voyageurs ont décrit les arbres très nombreux de l'Inde qui sont partout l'objet d'une profonde vénération des brahmanistes, car, dans l'Inde, le Bouddhisme a été depuis longtemps proscrit.

CHAPITRE IV

LE FEUILLAGE

Parmi les impressions qu'éprouve le nouveau venu en terre tropicale, celle qui résulte de la réflexion de la lumière sur le feuillage est une des plus vives : il est ébloui, aveuglé même par l'éclat que présente la végétation. Il en est tout autrement dans les pays du Nord : une très grande partie de la radiation qui tombe sur les feuilles de nos arbres est absorbée par elles, et c'est grâce, en grande partie, à ce phénomène que tout s'y estompe et s'y adoucit. La crudité des contrastes, l'absence de dégradation dans les teintes enlèvent aux paysages tropicaux le charme que nous sommes habitués à trouver dans nos contrées aux aspects de la nature. La flore est certainement pour beaucoup dans ces différences, et deux mots peuvent nous servir à synthétiser les aspects de la végétation dans les deux cas : la réflexion prédomine dans les pays voisins de l'équateur : la transparence, dans les contrées septentrionales.

Plusieurs causes paraissent concourir à donner au feuillage des plantes tropicales sa ferme consistance et son éclat souvent presque métallique. Une des plus importantes est certainement l'action toute-puissante du soleil qui, en provoquant une transpiration intense, tend à amener la dessiccation et par cela même la mort des feuilles. Il est donc absolument indispensable que les végétaux soient protégés contre ce redoutable danger, et la sélection a dû agir de manière à éliminer les individus les moins bien armés à ce point de vue. Mais ce n'est pas seulement la sélection, c'est-à-dire le hasard, qu'il faut invoquer pour expliquer ce résultat : l'action directe du soleil tend à créer chez les plantes les caractères qui leur sont nécessaires pour se protéger contre lui. Les expériences

de M. Dufour ont, en effet, établi que les épidermes des feuilles de deux individus de la même espèce développés l'un à l'ombre, l'autre au soleil (1), ont des constitutions assez différentes : la membrane est plus épaisse et la cuticule plus développée chez les seconds que chez les premiers (2).

Ce n'est d'ailleurs pas uniquement en épaississant la cuirasse qui entoure leurs feuilles que les végétaux se protègent contre la lumière ; ils y parviennent encore en l'obligeant à se réfléchir fortement à la surface de cette enveloppe qu'ils rendent brillante par un vernis de cire. Cette couche cireuse se produit en grande abondance, comme l'a remarqué M. Tschirch, sur presque toutes les plantes qui vivent dans les pays ensoleillés (3). Une expérience très simple de M. Haberlandt confirme en outre le rôle que nous attribuons à cet enduit superficiel, car des feuilles dont la couverture de cire a été lavée et enlevée avec le plus grand soin transpirent beaucoup plus que les organes normaux (4).

Mais l'épaississement de la cuirasse protectrice des feuilles et son polissage ne suffisent pas à éloigner tout danger ; cette enveloppe est, en effet, perforée d'une multitude de petits trous que l'on appelle les stomates par lesquels se font les échanges gazeux avec le monde extérieur. D'ordinaire ils sont localisés à la face inférieure de l'organe, celle qui est, par conséquent, éloignée du soleil. Mais cela ne suffit pas : chez un grand nombre d'espèces, leur orifice est diminué ; ou bien il est précédé, pour d'autres, d'une antichambre dans laquelle la vapeur d'eau est obligée de séjourner avant de s'échapper au dehors. Dans certains cas même, la structure de la feuille est tellement changée que, dès l'origine, elle a frappé les premiers observateurs qui ont décrit cette organisation étrange comme

1) Toutes les autres conditions de vie étant identiques.

2) Le même résultat s'observe d'ailleurs pour les plantes aquatiques : submergées, elles sont exposées à une lumière très atténuée et leur cuticule est très faible.

3) Plantes des steppes, des déserts ou de la région méditerranéenne ; le même phénomène s'observe pour les espèces de la Nouvelle Hollande (Acacia et Myrtacées).

4) Les deux caractères précédents (épiderme épais, cuticule cireuse et brillante) instables au début sont devenus héréditaires, ils se maintiennent souvent dans les pays froids. Ils servent alors à protéger pendant l'hiver contre la transpiration les plantes qui les présentent. C'est probablement grâce à ces particularités que des espèces comme les Houx et les Pins ont pu se maintenir en ces régions malgré la persistance de leurs feuilles.

une de ces anomalies inexplicables dont le monde vivant nous donne tant d'exemples. Quand on examine la face inférieure de ces feuilles, on ne voit pas de stomates, mais des orifices bordés de poils ; ils correspondent à des chambres stomatifères à l'intérieur desquelles se trouvent tous les ostioles stomatiques (1). Les conceptacles précédents formés par une dépression de l'épiderme (*fig.* 18, p. 41) étant remplis de poils, les mouvements de l'air s'y font très lentement et la transpiration s'y trouve extraordinairement ralentie. On saisit, d'après cela, quel est le rôle de ces cryptes, et l'anomalie de structure, loin d'être inexplicable, nous permet d'entrevoir, au contraire, les causes de l'évolution des végétaux chez lesquels on observe cette particularité.

Mais si les plantes équatoriales ont à se protéger contre la dessiccation pendant les heures sèches du début de la journée, quand survient l'averse qui se produit tous les jours vers deux heures, les choses changent et les feuilles se trouvent brusquement dans des conditions de vie très différentes. L'eau est tombée en grande quantité, le sol et l'air sont presque saturés, l'état hygrométrique arrive à 90 ou 95°. Dans une atmosphère aussi chargée de vapeur, la transpiration devient difficile, sinon impossible ; cependant l'eau continue à affluer des racines, la plante se trouve alors gonflée de liquide.

Fig. 18. — Crypte stomatifère *c* à l'intérieur d'une feuille de Laurier-rose ; *s*, stomates ; *e*, épiderme.

Elle a bien des réservoirs où elle peut accumuler cette eau, ce sont les trachéides et le tissu aquifère ; mais ces réceptacles ne tardent pas à être insuffisants, et il faut évidemment que les végétaux se débarrassent de l'excès de liquide qu'ils ont absorbé. Ils possèdent heureusement pour cela des petits appareils curieux qui ont été décrits par M. Haberlandt sous le nom d'*hydathodes*. Ce sont des cellules épidermiques

(1) Une pareille structure a été signalée pour la première fois dans le Laurier-rose, espèce méditerranéenne, poussant dans les lieux ensoleillés ; on l'observe également dans les *Banksia* et les *Dasylirion*, Protéacées australes.

(*fig.* 19) perforées d'un petit conduit, elles s'ouvrent ainsi à l'extérieur et l'excédent de liquide se déverse au dehors ; aussi voit-on perler partout à la surface des feuilles qui présentent cette organisation des gouttelettes d'eau qui étincellent comme des diamants. Il s'agit là d'organes qui ne fonctionnent pas passivement comme on pourrait le supposer : si on tue, en effet, ces cellules avec un poison, elles cessent d'excréter. Vient-on à badigeonner toute la surface foliaire avec la substance nuisible, les perles liquides disparaissent complètement ; si la moitié est laissée intacte, les gouttes d'eau s'y montrent seulement là, et elles n'en sont que plus grosses.

On voit, en somme, comment tout se tient et s'explique dans l'organisation de la feuille aussi bien que dans la structure de la tige. On pourrait être tenté d'en conclure qu'aucune particularité anatomique ne se produit sans raison ; cependant il ne semble pas toujours aussi facile de démêler le pourquoi des phénomènes, et beaucoup d'excellents esprits sont disposés à croire qu'il faut renoncer à chercher le comment des choses. C'est là, pensons-nous, une fâcheuse tendance, et, si nous nous inspirons de l'exemple des sciences expérimentales, nous procéderons autrement dans les sciences naturelles, car les hypothèses même provisoires sont un appui indispensable pour le savant.

Fig. 19. — Hydatode (d'après M. Haberlandt).

Parmi les questions dont la solution ne semble pas facile à donner, nous pouvons signaler en particulier celle qui a trait aux causes de la forme des feuilles des plantes tropicales. M. Stahl a essayé d'imaginer une théorie pour en rendre compte ; il ne semble pas que ses ingénieuses explications puissent être actuellement acceptées ; nous croyons cependant devoir en dire un mot, car tout ce qui peut faire penser mérite d'être pris en considération. Ce savant a remarqué que, le plus souvent, les feuilles dans les forêts équatoriales (à Java en particulier) sont entières et pourvues d'une pointe effilée qui fonctionne comme une gouttière et permet l'évacuation rapide de l'eau qui tombe en grande quantité sur la surface. Ce serait, selon lui, en vue de décharger la feuille et d'empêcher l'eau d'y demeurer en place que l'appendice terminal précédent aurait été perfectionné par la

sélection. M. Jönnsen, qui a étudié en Afrique la flore du Cameroun, y a observé dans la forme des feuilles le même caractère qu'à Java; il est disposé à regarder la gouttière comme destinée à permettre le lavage rapide de la feuille et l'évacuation de tous les Champignons et parasites qui s'y trouvent. Il faut avouer que, si c'est là le but que cherche à atteindre la nature, elle arrive assez mal à ses fins, car il n'est pas rare de voir pulluler à la surface des feuilles une végétation très complexe d'Hépatiques, de Mousses, de Lichens et d'Algues. On n'observe pas que celles qui ont la pointe plus courte aient moins d'épiphytes que les autres.

Peut-on dire, d'un autre côté, que la feuille a besoin d'être rapidement déchargée ? Ne suffit-il pas pour cela de l'inclinaison qu'elle présente par rapport à l'horizon ? M. Wiesner fait remarquer que l'on a un peu exagéré l'effet de la pluie. Cette question est intéressante, car elle touche au mode d'action des forces mécaniques sur les végétaux et c'est là un sujet qui n'a été jusqu'ici que très peu étudié.

Quand on assiste à une de ces violentes averses tropicales dont nous parlions plus haut (1), on peut être tenté d'attribuer à la pluie un rôle dynamique très important. L'eau tombe sur les feuilles très dures avec un fracas extraordinaire et, lorsque l'orage a cessé, on aperçoit sur le sol des centaines de feuilles, de pousses et de fleurs. M. Wiesner, en constatant ces résultats, a cherché à démêler l'origine de ces dégâts; or, selon lui, c'est à l'ouragan qu'il faut attribuer ces dévastations et non pas à la pluie. Il a prouvé que la force due à la chute d'une goutte d'eau tombant même d'une très grande hauteur est toujours très faible et que l'on ne peut, en aucune façon, lui attribuer les effets destructeurs que nous venons de décrire.

On a prétendu, d'autre part, que c'était aux actions mécaniques des pluies qu'il fallait attribuer l'impossibilité de cultiver à Java un certain nombre de plantes de nos jardins. Assez souvent ces espèces ont des feuilles appliquées sur le sol. Or, si l'on expérimente sur elles en projetant à leur surface une pluie artificielle, on remarque simplement que, sous le choc des petites gouttes liquides, elles éprouvent un léger ébranlement : mais c'est la seule action qu'elles subissent : jamais il n'y a de déchirure de la face inférieure de la

(1) Page 18.

feuille appliquée sur la terre. C'est à une autre cause qu'il faut attribuer l'insuccès des tentatives d'acclimatation, et M. Wiesner pense être parvenu à la découvrir.

L'accommodation à la pluie, que M. Stahl a voulu chercher dans la forme des feuilles en gouttière, semble avoir été trouvée avec plus de certitude par M. Wiesner dans les propriétés qui permettent à certaines espèces de résister à l'action d'un courant constant d'eau. Il a institué pour résoudre cette question une série d'expériences qui lui ont permis d'établir des distinctions manifestes entre les différents types de végétaux au point de vue de la résistance à cet agent qui semblerait, à priori, devoir être également nuisible pour toutes les plantes terrestres.

Il a constaté qu'un certain nombre d'espèces placées sous une gouttière meurent avec une rapidité extraordinaire, malgré les moyens de protection que peut présenter leur épiderme contre cette action néfaste de l'eau, tels qu'une couverture cireuse, un feutrage de poils. D'autres végétaux, dans les mêmes conditions, résistent presque indéfiniment.

Il est à remarquer que les premières plantes vivent en plein soleil dans les pays secs, tandis que les secondes habitent, au contraire, des contrées où les pluies sont très fréquentes. Cette constatation indique donc une adaptation héréditaire de ces deux catégories de végétaux aux conditions d'existence que leurs ancêtres ont dû rencontrer depuis un grand nombre de générations. Les propriétés précédentes sont intimement liées au mode d'éclairement, et M. Wiesner a qualifié d'*ombrophobes* celles qui craignent l'ombre et la pluie, et d'*ombrophiles* celles qui supportent aisément une grande quantité de pluie et végètent à l'ombre.

Dans ce dernier cas, les feuilles ne pourrissent pas parce qu'elles contiennent des substances antiseptiques qui doivent s'opposer au développement des bactéries menaçant le végétal d'une invasion. Le Cannellier et le *Caryophyllus* présentent une immunité qui s'explique assez bien grâce à la présence des principes qu'ils renferment.

Il y a d'ailleurs des transitions entre ces deux types, et il est des végétaux comme les *Amherstia nobilis* qui résistent à l'âge adulte et qui succombent pendant leur jeunesse au traitement dont nous avons parlé plus haut.

Pour une espèce donnée d'ailleurs, indépendamment même de la question d'âge, la résistance à l'action de l'eau n'est pas toujours constante : certaines plantes sont susceptibles de présenter des variations sous ce rapport. L'*Echeveria*, qui a d'ordinaire une couche cireuse assez épaisse, modifie sous l'influence d'un courant liquide son épiderme de manière que ses feuilles puissent être mouillées ; vient-on, au contraire, à soustraire ces organes à l'action de la pluie, ils perdent peu à peu cette dernière propriété.

On a eu l'occasion de constater en Europe des modifications de même ordre pour les Pommes de terre, suivant qu'elles se sont développées dans la plaine ou sur les montagnes. Les individus qui croissent sur les hauteurs offrent une résistance tout à fait frappante à l'action des averses.

On voit donc quel est le rôle véritable de la pluie. Ses effets n'ont rien de commun avec les modifications qui peuvent résulter de l'intervention d'un agent mécanique. Cela ne veut pas dire que les ouragans et les tourbillons qui sévissent souvent avec tant de violence dans les régions tropicales ne sont pas susceptibles de transformer les feuilles d'une manière notable. M. Haberlandt a fait à ce sujet une remarque intéressante. D'ordinaire les feuilles, en particulier celles des Monocotylédones, se plient dans une direction prédominante grâce à l'orientation de colonnes fibreuses qui vont d'une face à l'autre de l'organe et qui sont disposées dans un plan perpendiculaire à celui du limbe. Or, si l'on examine la structure de feuilles d'un certain nombre de Palmiers, on voit que les groupes de fibres de la face supérieure et ceux de la face inférieure de la feuille ne s'opposent pas deux à deux. L'explication d'une disposition si peu rationnelle résulte de l'examen des grandes feuilles de ces plantes pendant une tourmente : ballottées par l'ouragan, elles se tordent dans tous les sens. Il a évidemment fallu, pour que de pareils mouvements pussent se produire sans inconvénients, que les groupes de fibres ne soient pas opposés deux à deux, sans cela la tempête en aurait bien vite amené la rupture et par cela même la mort des folioles.

En somme, nous avons vu qu'exposées à l'ardeur intense du soleil les feuilles des plantes qui croissent dans les régions tropicales sont parvenues à se protéger contre lui en arrêtant

par réflexion un grand nombre de rayons à leur surface, et en s'abritant contre l'excès de transpiration par des méthodes variées.

Par un contraste singulier, ce n'est pas seulement l'excès de sécheresse que ces végétaux ont à craindre, elles doivent se défendre également contre l'excès d'humidité : elles y parviennent par un mécanisme aussi simple qu'ingénieux.

D'ailleurs ce n'est pas seulement à une élévation inusitée de l'état hygrométrique de l'air qu'elles ont à s'adapter, elles doivent se modifier en vue de résister à des averses presque incessantes et à des ouragans extrêmement fréquents. Les accommodations multiples qui se manifestent ainsi témoignent donc d'une manière nette de l'action continue et indéfiniment variée du milieu extérieur sur l'organisme vivant.

CHAPITRE V

ÉPANOUISSEMENT DES BOURGEONS. — PÉRIODICITÉ.

Lorsque l'on examine en Europe l'épanouissement des bourgeons des arbres, on constate qu'il s'opère avec une sage lenteur, comme si les plantes se rendaient compte des dangers qu'elles pourraient courir si le développement était plus rapide. De nombreuses particularités qui marquent les divers stades de ce phénomène semblent indiquer que le végétal cherche à se protéger contre le froid, contre l'excès de transpiration ou contre l'ardeur du soleil. Le feutrage de poils des jeunes feuilles, les matières résineuses ou gommeuses de ses écailles, la coloration rouge fréquente chez les jeunes pousses sont des indices des grandes difficultés qu'ont dû rencontrer les ancêtres des espèces de nos pays pour s'accommoder aux conditions de vie marquant le début du printemps. Ce renouveau de la vitalité évoque donc ainsi en notre esprit le souvenir des luttes qu'a dû soutenir la plante contre les puissances aveugles de la nature.

Dans les pays chauds, ces dangers n'existent pas, et la vie semble s'éveiller ou plutôt se continuer avec la plus complète insouciance. Au lieu de s'épanouir lentement comme dans nos pays, les bourgeons éclatent et « déversent » (1), pour ainsi dire, leurs pousses, car elles atteignent presque tout de suite une grande longueur (*fig.* 20, p. 48). La promptitude de cette éclosion est quelquefois merveilleuse, elle est d'ailleurs en rapport avec l'absence d'écailles au bourgeon. Ces écailles, qui protègent les ébauches de feuilles des arbres européens, constituent des cuirasses à l'abri desquelles le

(1) Cette expression est de M. Treub.

point végétatif se maintient vivant pendant les froids intenses de l'hiver ; cette région a besoin de protection, car elle est constituée par des cellules particulièrement délicates qu'une mort certaine atteindrait si un mode de défense n'existait pas pour elles.

Fig. 20 — *Amherstia nobilis*. Feuillage pendant (d'après M. Haberlandt).

Les expériences de M. Grüss ont nettement mis en lumière le rôle de ces écailles gemmaires, car, lorsqu'on vient à les enlever, ou bien les pousses meurent, ou bien les feuilles internes des bourgeons se modifient profondément de manière à pouvoir remplacer les écailles artificiellement enlevées.

Dans les pays dont le climat est très uniforme, le besoin de défense ne se fait pas sentir et, en fait, la protection manque presque toujours (1). Dans quelques cas cependant, comme dans les *Ficus*, les jeunes feuilles avant leur épanouissement sont entourées d'une gaine stipulaire dérivée de la feuille précédente.

Bien que la température ne subisse que de très légères variations pendant toute l'année à Java et dans toute la région équatoriale, on ne peut cependant pas dire qu'il n'y existe pas de saisons, car le temps des pluies et celui de la sécheresse divisent l'année en deux périodes très distinctes. Quand les averses deviennent beaucoup plus rares, l'activité de la végétation se trouve partiellement suspendue, et, avec la saison humide, se produit une sorte de renouveau dans la nature. A ce moment, la forêt tropicale s'orne de feuillages aux teintes multiples : M. Johow dit qu'on voit partout alors aux Antilles « une teinte rouge due aux jeunes feuilles des arbres apparaître dans le paysage ». La variété et la beauté des

(1) Il existe cependant un certain nombre de végétaux tropicaux pourvus d'écailles, les Cycadées nous en offrent un exemple. Personne jusqu'ici n'a tenté, à notre connaissance, d'expliquer l'origine de cette particularité.

couleurs peuvent rivaliser avec celles que nous observons à l'automne en Europe.

La vitesse de croissance des jeunes pousses développées au début de la saison humide est tout à fait frappante : en quelques jours, on voit pendre du haut des arbres de longues branches flexibles qui atteignent souvent jusqu'à un mètre de long et dont la coloration est variable : rouge, rose, jaune, jaune vert (1).

Ces jeunes *feuillages pendants* si caractéristiques des pays qui nous occupent ont beaucoup frappé les voyageurs et divers savants ont cherché à se rendre compte des causes qui ont pu intervenir pour produire une pareille disposition (2). Certains d'entre eux ont cru qu'il y avait là un moyen de protection contre la pluie. Les expériences de M. Keeble l'ont conduit à une hypothèse très différente : il maintient horizontalement quelques-unes de ces jeunes feuilles et il compare (à l'aide des extraits alcooliques) la quantité de chlorophylle de ces organes redressés à celle des pousses restées pendantes : il trouve que la matière pigmentaire est plus abondante chez les secondes que chez les premières. Le redressement des feuilles a donc pour conséquence la destruction de la matière verte. La disposition verticale du feuillage est par conséquent un procédé permettant à la plante d'abriter ses feuilles jeunes contre l'action nuisible du soleil.

Grâce d'ailleurs à la formation d'une matière colorante le plus souvent rouge, les végétaux qui nous occupent possèdent un écran très utile pour arrêter les rayons lumineux qui pourraient nuire à la chlorophylle. Les effets de la lumière sont donc atténués, non seulement par la position du feuillage, mais encore par le pigment pourpre qui n'empêche cependant pas le passage des rayons nécessaires à la production de la matière verte et à la décomposition de l'acide carbonique (3).

Quand les jeunes feuilles sont ainsi pendantes, elles passent par une période d'attente : leur croissance, qui avait été primitivement très rapide, s'arrête tout à coup. L'activité des

(1) *Amherstia nobilis*, rose; *Manilloa*, rose thé; *Jonesia*, jaune vert, etc.

(2) M. Johow a insisté sur ce fait pour la flore des Antilles.

(3) Le pigment rouge augmente le pouvoir réflecteur de la feuille.

cellules est alors employée à la fabrication de la chlorophylle et à la consolidation des tissus. On voit peu à peu la teinte changer ; les feuilles deviennent brun vert, puis vertes ; elles se redressent pendant que ces transformations s'opèrent, la puissance transpiratoire des feuilles s'élève progressivement et passe du simple au double et même au triple.

Les feuilles arrivées à l'âge adulte se placent le plus souvent verticalement (*Rhizophora mucronata*, *Eucalyptus*, etc. : elles évitent ainsi la trop grande ardeur du soleil dans les régions chaudes. Il y a cependant, parmi les végétaux des tropiques, des variations très grandes de la sensibilité foliaire à ce point de vue. Il est certaines espèces qui, en pleine lumière, placent leurs feuilles perpendiculairement au rayon lumineux (*Prunus javanica*) ; d'autres qui affectent deux positions, l'une parallèle, l'autre perpendiculaire à la radiation, suivant que l'intensité de la lumière est forte ou faible.

Périodicité végétative. — Par l'étude de l'éclosion des bourgeons, nous venons de voir se manifester une certaine périodicité dans les phénomènes végétatifs des pays équatoriaux. Dans les contrées septentrionales, cette périodicité se traduit à la fois par l'éclosion des bourgeons au printemps et par la chute des feuilles à l'automne ; de sorte que le rythme de la végétation est en accord manifeste avec celui des saisons.

Il ne faudrait cependant pas croire que toutes les plantes tropicales se comportent de la même manière sous ce rapport. A côté d'espèces comme le *Manillora gemmipara* qui font éclater leurs bourgeons au début de la saison des pluies, il en est d'autres comme l'*Amherstia nobilis* qui épanouissent toute l'année leurs feuilles aussi bien que leurs fleurs. Les mêmes variations peuvent d'ailleurs s'observer au point de vue de la chute des feuilles.

Pourquoi les arbres de nos pays perdent-ils leur feuillage quand arrive l'automne ? Cela tient à ce que, s'ils le gardaient, il se produirait des troubles extrêmement profonds dans ces plantes, troubles que nous observons quelquefois dans nos pays quand le froid vient trop tôt en automne ou quand il se produit trop tard au printemps. Quand la gelée est intense, l'eau qui vient des racines ne peut plus suffire à la transpiration, il y a une rupture d'équilibre et les feuilles sont comme

carbonisées parce que, ayant perdu leur liquide, le froid tue leurs cellules. Héréditairement les arbres des régions septentrionales se sont harmonisés avec les changements de saison ; mais cependant, si on les transporte dans les régions plus méridionales, on voit progressivement la durée de la végétation s'allonger et il peut même fréquemment arriver que des individus ne perdent plus du tout leurs feuilles. Le Pêcher et la Vigne, à Java, gardent leurs feuilles toute l'année ; le Chêne, à Madras, est devenu un arbre toujours vert.

Il s'agit ici du Chêne d'Europe, mais si nous examinons les Chênes autochtones de Buitenzorg, nous verrons qu'ils ont toujours bien régulièrement leurs feuilles persistantes. M. Massart, qui mentionne ce fait, signale que dans la dépendance du jardin botanique de Java que l'on appelle Tjibodas, parmi des centaines d'arbres et d'arbustes, il n'y a *aucune espèce* (1) *à feuillage caduc*. Il est vrai qu'en ce point les changements dans les saisons sont à peu près inconnus et que les pluies sont presque uniformément réparties sur toute l'année. L'état hygrométrique est très élevé : le matin à trois heures il y a 97 à 98 degrés à l'hygromètre, et, si à midi il descend à 79 à 85 degrés, l'air est de nouveau presque saturé vers deux heures. C'est certainement cette richesse de l'atmosphère en vapeur d'eau qui imprime à la végétation de Tjibodas son caractère dominant. Il est d'ailleurs à remarquer que le Chêne d'Europe ne porte des feuilles persistantes qu'en des régions où domine une très grande humidité (Madras).

Cette remarque nous permet de comprendre pourquoi des pays relativement froids (2), comme la pointe méridionale de l'Amérique du Sud et la Terre de Feu, sont couverts de forêts de Hêtres à feuilles presque toujours persistantes. La description que Darwin a donnée du climat de ces régions où règnent des pluies constantes nous permet d'entrevoir la raison de cette particularité.

Si un climat uniformément humide est très propice à l'apparition d'arbres à feuilles persistantes, un climat au contraire variable (à saison froide et à saison chaude, ou bien à saison pluvieuse et à saison humide) semble grandement

(1) Indigène.

(2) A Tjibodas, la température est moins élevée qu'à Buitenzorg, elle peut descendre à 6 ou 7 degrés parce que l'altitude est élevée.

favoriser la chute des feuilles. Ceci est surtout manifeste dans ces bois clairsemés des régions très sèches du Brésil qui constituent ce que l'on appelle les *Catinga*. Là on voit très nettement que les arbres se protègent presque tous (1) contre la longue période de sécheresse par la chute de leurs feuilles ; c'est dans cette région qu'apparaissent ces arbres curieux en forme de tonneau appartenant au groupe des Bombacées (*Chorisia crispiflora*) que l'on peut qualifier de verts seulement pendant la période de pluies.

Nous venons de considérer pour ainsi dire les cas extrêmes (2), ceux pour lesquels on voit les agents physiques agir d'une manière caractéristique parce que, dans un cas, l'humidité prédomine toute l'année et parce que, dans l'autre, il y a distinction nette de saisons bien différentes au point de vue des conditions dans lesquelles s'effectue la transpiration.

Nous allons pouvoir maintenant appliquer ces considérations à l'examen des conditions de vie qui prédominent au niveau de la mer (3) à peu près partout dans les régions équatoriales.

Comme nous l'avons vu au début de cet ouvrage (4), dans presque toutes ces contrées on distingue deux saisons, la mousson humide et la mousson sèche, mais malgré cela même pendant la durée de la sécheresse, aussi bien à Java qu'au Brésil, il pleut encore très fréquemment (5). Nous n'avons donc pas affaire, dans ce cas, à un climat avec deux saisons nettement tranchées : saison humide et saison sèche, comme cela arrive dans la région des Catinga, au Brésil. Il faut donc nous attendre à ne trouver ici que des caractères assez inconstants au point de vue de la chute des feuilles. Certes le mode de végétation à feuillage persistant est essentiel-

(1) Des petits arbres et des buissons restent toujours verts, mais ils ont dans leurs feuilles à consistance coriace, souvent couvertes d'un feutrage de poils blancs, une protection contre la transpiration.

(2) Au moins ceux qui sont compatibles avec l'existence de la forêt. Quand la sécheresse est trop grande, la forêt fait défaut et les plantes désertiques prennent d'autres caractères que nous ne pouvons étudier ici.

(3) Tjibodas est à une altitude qui varie de 1.400 à 1.900 mètres.

(4) Pages 17 à 23.

(5) Selon M. Wiesner, juillet et août sont les mois les plus secs à Batavia et à Buitenzorg, il y a cependant encore en moyenne 11 à 12 jours de pluie, d'après une moyenne de 11 années d'observation.

lement typique des forêts équatoriales, le nombre des espèces à feuilles régulièrement caduques est relativement faible (1) ; mais, bien que masquées par le grand nombre de végétaux toujours verts, les plantes qui se dépouillent pendant la saison sèche n'en existent pas moins ; il en est enfin un certain nombre qui se dépouillent à des époques sans aucune relation avec les saisons (2).

Il est d'ailleurs vraisemblable d'admettre que la périodicité que nous observons à l'heure actuelle dans certains arbres tropicaux peut parfaitement tenir à ce qu'ils ont émigré de régions où le rythme des saisons était plus accusé. Un fait rapporté par M. Massart semble assez convaincant à cet égard : le *Diospyros Kaki* (qui fructifie au Japon en août et septembre et perd ses feuilles en octobre), transporté à Java, s'est comporté de deux manières différentes : certains individus fructifient en avril et perdent leurs feuilles en juillet ; les autres fructifient en octobre et se dépouillent en janvier. Ces deux types d'individus ont conservé la périodicité de la végétation de leurs ancêtres, mais chacun d'une manière dissemblable (3).

M. Haberlandt a observé à Java un cas plus curieux encore, il a vu deux branches d'un même Pommier se comporter de manières différentes : l'une étant dépouillée, l'autre couverte de feuilles.

Transportées dans un nouveau climat, les plantes que nous venons de mentionner subissent incontestablement son action, mais les forces héréditaires ne sont cependant pas vaincues, au moins du premier coup, il en résulte pour ces espèces une adaptation incomplète et des caractères souvent extrêmement singuliers.

Cette intéressante étude que nous venons de faire nous permet donc de concevoir comment les choses ont dû se passer et peuvent encore se produire sous nos yeux dans un grand nombre de cas. C'est le climat uniforme ou rythmique qui détermine l'uniformité ou la périodicité de la végétation. Cette

(1) Il s'élève notamment sur les forêts à sol calcaire de Lagoa-Santa, d'après M. Warming. La sécheresse du sol explique très bien ce fait.

(2) La durée de la vie des feuilles persistantes est variable, très souvent de 13 à 14 mois. M. Reiche a trouvé au Chili des espèces dont les feuilles vivent trois années.

(3) Des faits analogues ont été signalés par M. Haberlandt pour le *Palaquium macrophyllum*.

périodicité, qui a été à l'origine une adaptation, peut se fixer et devenir héréditaire, et on peut dire alors que les causes de ce rythme sont purement internes, mais il ne faut pas se faire d'illusion sur la valeur de ces mots : en réalité, ce sont les caractères acquis qui sont devenus héréditaires.

Somme toute, le problème, bien que complexe dans ses détails, reste très simple dans ses grandes lignes, et nous croyons devoir insister sur ce point parce que divers auteurs, notamment M. Reiche, paraissent l'avoir un peu obscurci. Dans les pays qui, comme l'Amérique du Sud, ont les chaînes de montagnes orientées parallèlement à l'axe du continent, les espèces peuvent s'étendre progressivement sans obstacle du nord au midi ou du midi au nord. On ne doit donc pas s'étonner d'y constater certains mélanges ; les pays comme le Chili que M. Reiche a étudié sont, à ce point de vue, particulièrement propices pour montrer le problème sous un aspect complexe et embrouillé. Mais une pareille complexité ne peut pas nous étonner, car elle trahit à nos yeux tous les stades de l'adaptation. Il y a, en effet, sur le continent les deux types extrêmes de climat : la pointe de l'Amérique du Sud, région uniformément pluvieuse, et les Catinga où les deux saisons sèche et humide sont aussi tranchées que possible.

Nous voyons notamment un certain nombre de Hêtres de la Terre de Feu s'avancer au Chili jusqu'à 35 degrés de latitude : là nous notons un mélange d'espèces qui ont perdu leur feuillage persistant et d'autres qui l'ont gardé. Le *Nothofagus obliqua* et le *N. procera* ont un feuillage caduc au Chili (1), tandis qu'ils sont toujours verts dans le sud de l'Amérique (2). Une autre espèce, le *Nothofagus Dombeyi*, qui a ses feuilles toujours vertes dans les pays froids, garde ce caractère en des régions beaucoup plus tempérées. On conçoit également comment il peut arriver qu'une plante, comme le *Nothofagus antarctica*, qui se dépouille de son feuillage au Chili, le perde également dans les forêts antarctiques. Il suffit, pour expliquer tous ces faits, d'imaginer que les espèces à feuilles persistantes ont eu leur centre de formation dans le sud ; les espèces à feuilles caduques, leur centre de différenciation dans le nord.

(1) D'après M. Reiche.
(2) D'après M. Warming.

On peut en outre observer, au Chili même, pour certaines espèces des faits très instructifs en faveur de la variabilité. Une Papilionacée, le *Psoralea glandulosa*, perd une partie de ses feuilles en hiver, mais le nombre des organes foliaires caducs n'est pas constant et dépend des localités. La même remarque peut être faite pour l'*Aristotelia Maqui* (Éléocarpée). On voit donc que la distinction précise entre plantes toujours vertes et espèces à feuilles caduques tend à être moins nette.

Les expériences suivantes confirment d'ailleurs tous ces résultats. M. Molisch a exposé un *Azalea* dans un pot à l'action d'une pluie artificielle intense, après l'avoir soumis à une longue sécheresse ; il a constaté ainsi que toutes les feuilles tombaient après ce traitement. La cause de ces amputations foliaires résulte, selon lui, de l'élévation soudaine et forte de la turgescence qui provoque l'apparition et le développement de la couche de séparation à l'intérieur de la feuille qui en amène la chute.

M. Leclerc du Sablon a observé également un cas accidentel de chute de feuilles du *Prunus Lauro-cerasus*, plante qui reste d'ordinaire toujours verte, et il attribue aussi ce phénomène à la sécheresse prolongée.

Enfin, selon M. Wiesner, une très longue pluie (1), même si elle n'a pas été précédée d'une période de sécheresse, peut souvent produire le même résultat que précédemment quand il s'agit de plantes ombrophobes, c'est-à-dire de végétaux qui craignent l'eau.

En résumé, nous voyons donc nettement par l'étude de cette question de la chute de la feuille et de la périodicité de la végétation que ces caractères sont, dans certains cas, des plus modifiables chez les végétaux vivant en plein soleil d'ordinaire ; qu'ils acquièrent, au contraire, pour d'autres plantes, une fixité remarquable et une indépendance tout à fait frappante des conditions de vie. Ceci nous permet donc de comprendre comment des arbres à feuilles persistantes comme les Pins ont pu se maintenir dans les pays les plus froids.

(1) M. Wiesner fait remarquer que l'action mécanique de la pluie n'amène pas la chute des feuilles ; celles qui tombent après un orage se séparent surtout sous l'action combinée du vent et de l'eau ; mais le lendemain ou le surlendemain on peut voir le sol jonché de feuilles vertes ; c'est un effet ultérieur ou secondaire de la pluie.

Le sous-bois. — La végétation arborescente n'est pas seulement représentée par ce que l'on peut appeler les colosses de la forêt vierge, au-dessous d'eux il y a une quantité d'arbres ou d'arbustes qui forment, si l'on peut s'exprimer ainsi, un bois sous la forêt. Nous avons dit que la lumière était très atténuée sous le dôme des grands arbres, il ne faudrait cependant pas en conclure que l'obscurité y est presque complète, au moins dans les parties élevées ; l'intensité lumineuse qui règne sous une forêt de Hêtres pourra nous en donner une idée. Or, tandis qu'en Europe un pareil éclairement est un obstacle à la croissance du sous-bois, dans les régions chaudes une forêt nouvelle de petits arbres, de buissons, d'herbes prend un riche développement en ces points. Nous avons assez fréquemment dans nos pays, à la place de cette végétation, les frondes hautes de la Fougère grand aigle (*Pteris aquilina*) qui peuvent, dans certains cas, atteindre la taille d'un homme. A Java, des frondes analogues peuvent s'observer, elles appartiennent au *Gleichenia dichotoma ;* mais, par leurs dimensions, elles dépassent tout ce que nous pouvons imaginer pour les feuilles d'une plante herbacée, car elles atteignent jusqu'à 12 mètres de long, c'est-à-dire la taille d'un Chêne.

Nous pouvons remarquer incidemment que les feuilles acquièrent dans ce cas un énorme développement parce que la tige croît peu, étant cachée dans le sol. C'est pour la même raison que la feuille unique d'une Aroïdée — qui pousse, non pas dans la forêt vierge, mais dans les bosquets buissonnants des montagnes du Nicaragua. — le *Dracontium Gigas*, peut atteindre de si gigantesques dimensions (*fig.* 21 à 30) ; en sa présence, l'observateur peut croire qu'il a affaire à une tige surmontée de son feuillage parce que le pétiole très puissant, presque aussi gros qu'un homme, se dresse verticalement au-dessus du sol et ne se ramifie qu'à plusieurs mètres de terre.

L'existence de plantes herbacées gigantesques comme le *Gleichenia dichotoma* est rare dans la forêt, et ce qu'on remarque surtout dans le sous-bois, ce sont les arbustes et les arbrisseaux.

Un chiffre nous permettra de nous rendre compte de l'importance de ces plantes frutescentes. M. Warming a évalué à 300 le nombre des arbustes poussant dans le petit district

de Lagoa-Santa ; c'est un chiffre à peu près égal à celui des arbres (1) et qui est très élevé proportionnellement, si on l'oppose à celui de 2.600 espèces de Phanérogames observées

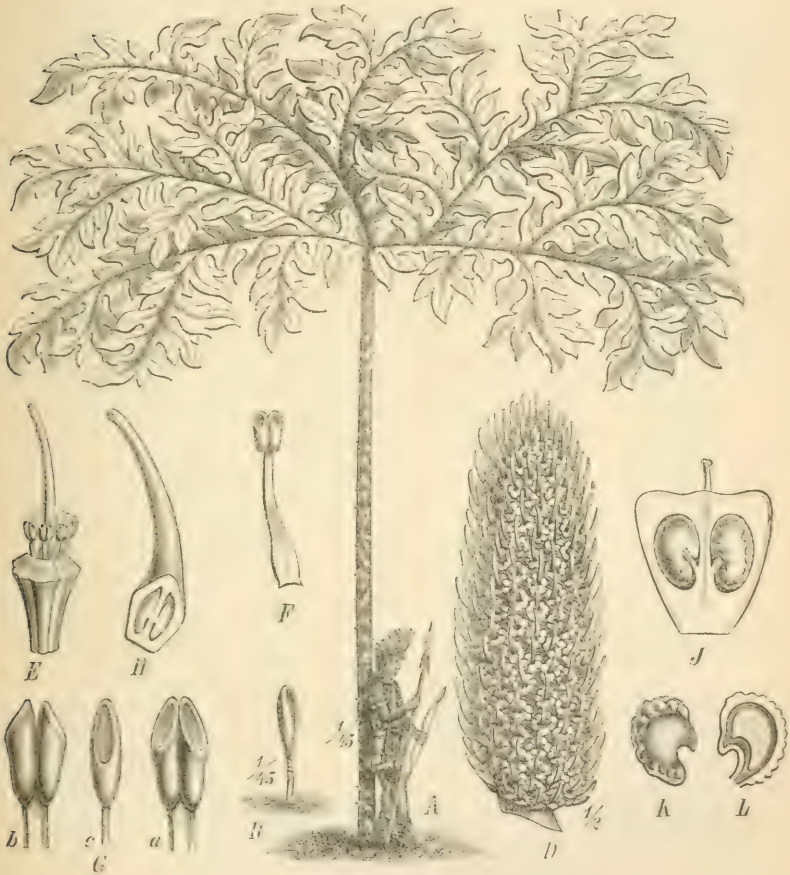


Fig. 21 à 29. — *Dracontium Gigas*, Aroidée à feuille gigantesque du Nicaragua. *A*. Cette espèce de tige contre laquelle est adossé l'Indien est en réalité une seule feuille. — *B*. représente au même grossissement la spathe florale. — *D*. Spadice florifère. — *E*. Fleur. — *F*. Étamine. — *G*. Anthère. — J. Coupe *L*, *K*. Graine (d'après le du fruit. — Bot. Mag).

Parmi les plantes qui vivent dans les conditions que nous venons de décrire, quelques-unes ont une importance

(1) Qui est de 380.

économique considérable comme le Caféier et le Cacaoyer.

Les graines de ce dernier arbre fournissent le cacao qui constituait au Mexique un aliment très important pour les habitants au moment de la conquête espagnole. Les Européens, au lieu de le mélanger avec du piment, ainsi que le faisaient les Indiens, l'ont associé au sucre pour fabriquer la matière connue de tous sous le nom de chocolat. La culture du Cacaoyer s'est répandue dans toutes les contrées tropicales et, à Java, c'est sous la forêt qu'on le cultive avec le Caféier. Ce dernier arbuste est originaire d'Arabie, il craint le soleil équatorial plus redoutable que celui de sa patrie, aussi est-ce à l'abri de certaines Légumineuses comme l'*Albizzia* et surtout l'*Erythrina subumbrans* qu'on le fait pousser dans les îles de la Sonde : le feuillage léger de ces végétaux laisse passer assez de lumière et permet le renouvellement de l'air autour des plantes qu'ils abritent.

Fig. 35. — *Dracontium Gigas*. Spathe grossie.

Cette précieuse culture a été menacée, il y a quelques années, par l'invasion d'un parasite, l'*Hemileia vastatrix*, qui est un Champignon microscopique très analogue à celui qui produit la maladie qu'on appelle la rouille sur les Céréales. Les savants se sont heureusement aperçus qu'une autre espèce de Caféier, le *Coffea liberica*, qui a été rencontré dans l'Afrique tropicale et occidentale, sur la côte Libéria (qui s'étend du cap des Palmes à Sierra Leone), résiste à l'invasion du parasite. Cette découverte a été bientôt connue dans le monde entier, et maintenant la culture du *Coffea liberica* remplace de plus en plus celle du *Coffea arabica*.

Les jardins botaniques des contrées tropicales peuvent donc par les expériences qui y sont entreprises, par les études de longue haleine qui s'y poursuivent, contribuer puissamment à la prospérité d'une colonie. Les Hollandais, qui sont des maîtres dans l'art de coloniser, l'ont compris depuis longtemps.

aussi ont-ils fondé à Java un jardin botanique admirable, où les essais les plus intéressants ont été menés à bonne fin (1).

C'est grâce aux expériences entreprises dans cet établissement que la culture du Quinquina a pu être tentée à Java. On sait que ces plantes précieuses croissaient autrefois spontanément dans les montagnes du Brésil ; mais, depuis longtemps déjà, on avait signalé avec quelle barbarie s'en faisait l'exploitation, et Liebig annonçait même la prochaine disparition de ces arbres auxquels nous devons le remède contre la fièvre.

Ces craintes sont maintenant dissipées, car une dépendance du jardin de Buitenzorg, située à 1.400 mètres d'altitude, que l'on appelle Tjibodas, a été réservée pour le développement de ces espèces.

Il est des végétaux moins indispensables, mais ayant cependant une importance industrielle considérable, qui ont été complètement détruits par la rapacité des exploitants : les représentants de la plante qui fournit la gutta-percha (*Isonandra gutta*) ont été abattus jusqu'au dernier à Singapour, patrie unique de cette espèce qu'il y avait tant de raisons de conserver. Heureusement la culture de cette Sapotacée avait été tentée à Buitenzorg et on a l'espoir d'en peupler à nouveau les forêts vierges.

A plusieurs reprises, nous aurons l'occasion de mentionner la barbarie des procédés employés à l'origine par les peuples européens pour tirer parti des richesses merveilleuses que leur fournissaient les forêts équatoriales. Leur méthode a été souvent celle du sauvage qui, voulant se procurer un fruit, croit devoir abattre la plante qui le produit : Montesquieu a autrefois caractérisé le despotisme par cet exemple. Il n'y a d'ailleurs pas trop lieu de s'étonner du traitement que subissaient les plantes, si l'on se souvient de celui qui a été appliqué aux hommes (2). Car les peuples civilisés emploient d'étranges moyens pour convaincre les barbares de leur supériorité.

(1) Un crédit annuel d'un demi-million est accordé par l'État à cet établissement, et les dons des particuliers, qui se rendent compte des immenses services qu'ils peuvent lui demander, doublent cette somme. Grâce à cette dotation royale, le directeur, qui est un botaniste éminent, a su grouper autour de lui une légion de travailleurs distingués et faire exécuter sur de vastes espaces (des centaines d'hectares) des expériences du plus haut intérêt avec le concours d'une véritable armée de jardiniers hollandais et indigènes.

(2) Quatre ou cinq ans après l'arrivée des Espagnols à Cuba, il y avait déjà une diminution énorme de la population indienne qui depuis a été complètement détruite.

CHAPITRE VI

FLEURS ET FRUITS

Tous les voyageurs qui arrivent dans les contrées tropicales croient volontiers qu'ils se trouveront en présence de fleurs magnifiques et indéfiniment nombreuses, correspondant par leurs riches couleurs, par l'amplitude de leurs pétales à la magnificence de l'appareil végétatif dont ils ont trouvé partout la description. Ils ne tardent pas à être un peu déçus. C'est une impression qu'ont éprouvée divers explorateurs, et on trouve dans les écrits de M. Wallace, de M. Haberlandt la trace de cette désillusion.

Les fleurs ne sont pas toujours plus belles que celles des pays froids et elles sont, ou du moins paraissent être, en bien moins grand nombre. On n'observe pas de champs fleuris d'individus de la même espèce, comme cela arrive dans nos contrées, surtout au printemps, quand le sol de nos bois est couvert de Muguets ou de Jacinthes ou quand nos prairies sont en fleurs. La richesse de coloris du tapis végétal tient, dans ce cas, à ce que les fleurs printanières sont « euchrones », c'est-à-dire qu'elles apparaissent à peu près toutes en même temps. Leur épanouissement s'effectue sans aucun effort : un peu de chaleur suffit pour provoquer l'éclosion des bourgeons floraux formés pendant la saison précédente, bourgeons qui sont nourris par les réserves que contiennent les bulbes ou les rhizomes. On sait, en effet, qu'il n'est pas rare de voir fleurir le Perce-neige et le Safran sous la neige ; il ne leur faut donc que bien peu de chaleur pour se développer. D'autre part, M. Sachs a obtenu la floraison à l'obscurité d'un grand nombre de ces plantes

à réserves comme les Tulipes, les Jacinthes, etc. : la lumière n'intervient donc pas dans la formation de leurs fleurs.

A mesure que la saison avance, les fleurs qui se montrent dans les pays septentrionaux ont des caractères très différents. Elles ont besoin pour se former de chaleur et surtout de lumière. Si l'on place l'une de ces plantes entièrement à l'obscurité, elle ne fleurira pas ; mais vient-on à laisser un certain nombre de ses feuilles en plein soleil, les fleurs pourront apparaître sur les parties de tige situées à l'obscurité. Les organes floraux ont donc besoin pour se produire pendant l'été des matières hydrocarbonées fixées par les feuilles ; ces matériaux nutritifs se renouvelant sans discontinuité, puisque la plante se nourrit sans cesse aux dépens de l'acide carbonique de l'air, il se produira indéfiniment des fleurs nouvelles. Les espèces estivales seront donc *polychrones :* elles fleuriront tant que durera la belle saison. La floraison ne se produira pas tout d'un coup comme pour les espèces de printemps, mais peu à peu.

Les remarques que nous venons de faire entraînent certaines conséquences pour la flore des pays chauds. Si les régions équatoriales méritent d'être appelées pays de l'éternel été, il en résulte que les fleurs doivent s'y épanouir successivement comme les fleurs estivales des espèces d'Europe : la floraison est, en effet, généralement progressive, elle s'effectue peu à peu. C'est ce qui explique l'opinion peut-être exagérée des voyageurs sur la pauvreté florale de la végétation tropicale. En réalité, si l'on imaginait par la pensée l'apparition en un seul coup de toutes les fleurs des arbres de la forêt vierge, on serait saisi de leur nombre immense.

L'hypothèse que nous venons de formuler, d'après laquelle la flore des tropiques serait soumise à des conditions toujours et absolument uniformes, n'est, en fait, que très rarement réalisée : il y a souvent, nous l'avons vu, des domaines voisins de l'équateur qui présentent, en alternance régulière, une période d'intense sécheresse et une période de pluies très fréquentes. Un rythme s'observe alors dans ces contrées pour la floraison comme pour la feuillaison : c'est presque toujours pendant la saison sèche que la floraison a lieu, c'est-à-dire alors que les arbres sont dépouillés.

Dans les îles comme Java, qui offrent deux saisons bien

tranchées, mais où il pleut encore beaucoup pendant la saison sèche, nous concevons (surtout si nous nous reportons à ce qui a déjà été dit sur la feuillaison) [1] que les phénomènes de floraison s'y produisent avec un grand degré de complexité. Sur 213 espèces décrites par MM. Koorders et Valeton au début de la flore de Java, 53 fleurissent toute l'année, 1/2 pendant la saison sèche, 18 seulement pendant la période des pluies. Il n'est pas rare d'y voir un arbre complètement privé de feuilles et couvert de fleurs (*Erythrina*). Souvent aussi on observe des stades moins nets : quand une plante a beaucoup de feuilles, elle a peu de fleurs et inversement (*Paraspondias*). Il pourra d'ailleurs arriver que deux individus de la même espèce se comportent différemment, l'un sera en pleines fleurs et l'autre n'en aura pas une : le cas du *Diopyros Kaki*, dont nous avons parlé ailleurs, laisse entrevoir une explication de cette anomalie [2]. Les singularités que présentent les arbres fruitiers européens cultivés à Java (Pommier qui perd le rythme de sa végétation) — qui peuvent à un même moment avoir, sur le même arbre, une branche dépouillée (stade d'hiver), une seconde couverte de fleurs (stade de printemps), une troisième couverte de feuilles (stade d'été) — permettent, en outre, de concevoir pourquoi, à un moment donné, un certain nombre d'espèces tropicales ont certains rameaux cachés sous les feuilles et d'autres ornés seulement de fleurs.

Il est des cas où un synchronisme singulier se produit dans la floraison tropicale. On l'observe surtout pour des Orchidées épiphytes de Java, notamment pour le *Dendrobium crumentatum* et le *Grammatophyllum speciosum* (*fig.* 31, p. 63). Dans ces plantes, tous les individus sont certains jours parés de fleurs, qui se fanent toutes ensemble. Pendant des semaines, ces végétaux sont stériles, puis on remarque tout à coup, le même jour, toutes ces plantes ornées, comme dit M. Massart, de leur « éphémère parure » ; ceci est vrai même pour les individus arrachés de leur support et aussi pour les individus importés d'autres îles. Ce qui est en outre très remarquable, c'est que les fleurs à l'état de bourgeons sont, avant la floraison, à des stades très différents de développement. Cependant elles s'épanouissent

1) Page 51 à 55.
2) Page 53.

toutes ensemble, comme à un coup de baguette magique. Ce sont là des phénomènes très singuliers, mis en évidence par M. Treub et M. Smith, qui sont encore inexpliqués.

Il y a d'ailleurs d'autres raisons pour expliquer l'impression

Fig. 31. — *Grammatophyllum*. Orchidée gigantesque de Java (d'après Cohn).

des explorateurs relativement à l'absence de belles fleurs dans la forêt vierge. Une des plus importantes tient à ce que les corolles richement colorées se trouvent surtout localisées sur la couronne des arbres, tandis que celles qui s'ouvrent sous le dôme obscur de la forêt ont le plus souvent des teintes peu vives, et sont par cela même peu apparentes. La cause de ces faits n'a pas été recherchée jusqu'ici

d'une manière approfondie. On s'est contenté de dire que les organes floraux qui s'épanouissent en plein soleil ont de riches couleurs pour attirer les insectes qui leur sont utiles pour les croisements, assurant la formation d'individus plus vigoureux ; les fleurs qui se forment dans les parties obscures des forêts n'ayant pas à fixer l'attention des animaux par des couleurs vives qu'ils distingueraient mal, doivent surtout solliciter leur visite par les parfums qu'elles dégagent. Il semble plutôt que ce résultat soit un effet secondaire ; la lumière et l'ombre sont probablement les agents primordiaux de la différenciation des deux catégories florales que nous venons de décrire. M. Voechting a, en effet, montré qu'à la lumière vive le développement de la corolle est en général intense, tandis qu'à la lumière très atténuée les fleurs ne s'épanouissent pas, ou bien n'ont qu'un très faible développement de leurs diverses parties : la corolle est, en général, l'organe qui s'atrophie le plus. On conçoit, d'après ces données expérimentales, que, la variation de la fleur une fois produite sous l'influence de la lumière ou d'une cause analogue, l'intervention de certains animaux — comme les insectes ou même les colibris qui visitent les fleurs pour se nourrir et qui contribuent à les croiser entre elles — ait pu se produire efficacement pour rendre stables les caractères nouvellement apparus : les instincts de ces êtres les amenant à préférer diverses variétés de plantes à l'exclusion de certaines autres.

Il est un cas au moins où le rôle des insectes dans la sélection paraît indiscutable, c'est celui qui a été mis en évidence par les recherches sur la caprification, non seulement des Figuiers d'Europe, mais aussi des représentants asiatiques de ce genre remarquable à tant de points de vue. L'Hyménoptère (*Blastophaga*) qui sort des fruits du *Caprificus* (1) doit visiter les réceptacles femelles des Figuiers cultivés pour que ses fruits deviennent comestibles. La nécessité de l'intervention d'un insecte pour amener la fécondation de cette plante était connue de Pline (2) ; les Phéniciens et les

(1) Race de Figuier (*Perinos* des Grecs) ne contenant que des fleurs mâles et des fleurs femelles transformées en galles d'insectes à styles courts ; ces fruits de mauvaise qualité sont suspendus, en Kabylie, en chapelet au-dessus des Figuiers cultivés. (Voir M. de Solms-Laubach).

(2) La longueur du style empêche la formation des galles.

Carthaginois ont transporté cette pratique culturale partout dans la Méditerranée, et il ne serait pas invraisemblable d'admettre que l'observation sur laquelle elle reposait ait donné naissance à l'étrange conception sur la fécondation des plantes dont nous parlerons à la fin de ce volume (p. 292).

On a cherché à expliquer également par l'intervention des insectes les phénomènes de *cauliflorie* que présentent un grand nombre de plantes équatoriales. Cette apparition des fleurs sur les branches et sur de vieux troncs est certainement un des faits les plus singuliers que l'on puisse voir. Il est d'autant plus remarquable qu'il n'est pas isolé, car on signale ce caractère chez les plantes les plus diverses appartenant aux familles les plus éloignées (1). Très souvent ces fleurs apparaissent très bas sur la tige principale, il n'est même pas rare de l'observer tout à fait au voisinage du sol ; une Légumineuse, le *Cynometra cauliflora*, nous offre un exemple de cette singulière *rhizocarpie*. On avait d'abord songé, pour expliquer cette position si anomale des fleurs, à la nécessité d'assurer la fécondation par l'intervention de Papillons voletant seulement au voisinage du sol, loin de la lumière. Ces insectes, en butinant le nectar de fleur en fleur, assuraient la fécondation croisée qui est avantageuse pour le végétal (2). Cette explication ne paraît guère fondée, car d'abord, selon M. Haberlandt, les Lépidoptères visitent peu les fleurs ; en outre, pour certaines espèces comme le *Stelechocarpus Burahol*, cette manière de voir ne saurait convenir, puisque, d'après la remarque de M. Burck, les fleurs femelles sont seules au contact du sol, les fleurs mâles s'épanouissant, loin de là, sur la cime de l'arbre.

On a voulu également, pour rendre compte de la cauliflorie, invoquer la nécessité de soutenir les fruits volumineux à l'aide de branches extrêmement solides. Si cette interprétation peut convenir pour les énormes fruits du Jacquier (*Artocarpus*

(1) *Artocarpus integrifolia*, *Ficus Ribes*, *nodosa* (Urticacées) ; *Dysoxyton ramiflorum*, (Méliacée) ; *Cynometra cauliflora* (Légumineuse) ; *Theobroma Cacao* (Sterculiacée) ; *Saurauja cauliflora* (Ternstroemiacée) ; *Stelechocarpus Burahol* (Anonacée) ; *Kadsura scandens* (Magnoliacée).

(2) Il est cependant à remarquer que chez un grand nombre de végétaux la différenciation florale a surtout pour but d'assurer l'autofécondation d'après les études de M. Kerner von Marilaun.

integrifolia) qui pendent sur les arbres (que les Javanais entourent de nattes de feuilles de Palmiers pour les soustraire à la rapacité des chauves-souris), elle ne saurait être admise pour beaucoup d'espèces cauliflores à fruit relativement petit.

Quoi qu'il en soit, pour une raison qui nous échappe encore, une différenciation s'est produite : les extrémités des branches ont été chargées de donner les feuilles, tandis que seul le tronc porta les fleurs. Grâce à cette division du travail, une perte de temps et de force a été évitée, les réserves accumulées dans la tige se trouvant immédiatement à la disposition des bourgeons floraux au moment de leur épanouissement.

Fig. 32. — *Dipterocarpus* (Fruit).

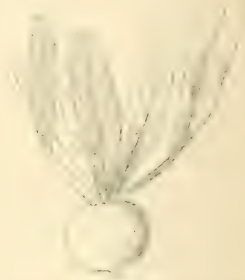


Fig. 33. — *Dryobalanops* (Fruit).

Les fruits issus de la fécondation des fleurs des arbres équatoriaux nous présentent souvent des caractères en rapport avec les conditions de vie dans lesquelles se sont développées les plantes mères. Les matières nutritives si importantes qui se forment dans les feuilles servent à donner aux fruits un développement très puissant. Cette exubérance de croissance a d'ordinaire l'inconvénient grave d'alourdir beaucoup les graines et de rendre, par cela même, leur dissémination difficile. Pour obvier à cet inconvénient, la sélection a dû tendre à propager peu à peu les individus les mieux doués pour le transport au loin des semences reproductrices s'opérant soit à l'aide du vent, soit grâce à l'intervention des animaux.

Comme exemple d'adaptations se rattachant à la première catégorie, nous pouvons citer les fruits du *Dipterocarpus Spanoghei*, qui présentent la grosseur d'une petite noix et qui pèsent secs 12-14 grammes : grâce à deux ailes puissantes (*fig.* 32) de 25 centimètres de longueur résultant de l'accroissement de deux sépales sur cinq, ces fruits peuvent être emportés au loin par le vent. Quelquefois ce sont les cinq sépales qui se transforment en ailes comme pour les *Dryobalanops*, (*fig.* 33 p. 66 dont une espèce, le *Dryobalanops Camphora*, donne le camphre de Bornéo et de Sumatra que l'on extrait par incision de la tige produit que les rajahs de ces deux pays emploient à embaumer les restes de leurs prédecesseurs).

La sélection a pu se faire dans une autre direction pour les arbres qui ont des fruits colorés, qui sont par là susceptibles d'attirer les oiseaux, les singes, les animaux les plus divers. Il y a une opposition, en effet, très frappante entre la teinte des fleurs et celle des fruits sous les tropiques : tandis que les premières sont très souvent peu visibles, les seconds présentent, au contraire, les couleurs les plus vives et les plus variées.

Les animaux n'ont pas été seuls à apprécier les fruits des plantes tropicales : depuis un temps immémorial, l'homme a su tirer sa nourriture de la forêt vierge qui l'entourait. Il paraît avoir conservé le souvenir de ces bienfaits, car, dans beaucoup de religions, ces plantes ont pris une grande place dans la vénération des fidèles. Chez les Indiens, le culte des arbres Topé est très développé : les plantes, comme le Figuier des pagodes, qui se multiplient et qui s'accroissent indéfiniment sont tenues pour de véritables temples, on les regarde comme des sanctuaires aussi respectés que ceux élevés par la main de l'homme. L'écorce des arbres sacrés purifie le pécheur qui se blottit dans ses crevasses afin d'y « naître une seconde fois » ; à leur ombre nul ne saurait mentir sans crime (1). Nous verrons d'ailleurs à la fin de ce livre quel rôle capital ont joué les arbres dans la religion primitive de l'humanité, qui

(1) Ces idées sont encore vivantes dans l'Inde contemporaine, ainsi que le prouve l'histoire de cette grève de marchands qui fut provoquée par une plantation dans les rues d'arbres sacrés : à l'ombre de ces arbres, tout commerce eût été impossible. Les Indiens vénèrent aussi le Jambosier (*Eugenia*), le Sal (*Shorea robusta*), le Tulaisi dont le bois sert à faire les rosaires de Vichnou.

est liée intimement au souvenir gardé par l'homme d'un séjour dans un lieu de délices où les fruits les plus variés étaient à sa disposition.

Parmi les espèces qui peuvent justifier la légende de l'âge d'or, on peut citer notamment l'arbre à pain (*Artocarpus incisa*) et le Jacquier (*Artocarpus integrifolia*) dont deux ou trois pieds suffisent, dans ces pays bienheureux, à nourrir un homme pendant toute une année. On comprend que de pareils arbres tiennent une place considérable parmi les aliments des peuples océaniens ; à Taïti notamment, la première espèce constitue la base de la nourriture du peuple. On le mange bouilli, grillé ou cuit sous la cendre, et il remplace complètement le pain que les peuples du Nord obtiennent avec tant d'efforts (1). C'est le réceptacle floral qui, chez ces plantes, sert à l'alimentation ; cette portion de la tige hypertrophiée renferme de petites cavités où se trouvent les fruits qui constituent autant de pépins. De tout temps, l'Océanien a dû rechercher parmi les inflorescences de ces arbres celles où la matière nutritive abondait le plus, où les pépins et les graines étaient, par contre, peu développés. C'est probablement par suite de ce choix, de cette sélection artificielle qu'ont été créées ces variétés sans graines que l'on signale, non seulement pour le Jacquier, mais pour les Ananas, les *Musa*, les *Jambosa*. Il est très intéressant de constater que l'on a obtenu par cette méthode des variétés très nombreuses ayant une certaine stabilité. On ne peut pas invoquer ici, pour expliquer la formation de ces races, l'intervention de croisements qui seraient, selon certains auteurs, l'unique cause de la variation des êtres ; il faut donc évidemment avoir recours, dans ce cas, à l'intervention des agents extérieurs qui constituent la cause primordiale de l'évolution des formes vivantes.

L'arbre à pain nous a fourni un type de fruits contenant des matières alimentaires se rattachant aux matières amylacées. A côté de cette première catégorie de fruits, nous pouvons en citer d'autres qui fournissent surtout soit des matières grasses, soit des matières sucrées.

L'Avocatier (*Persea gratissima*) est le type de ceux que

(1) On comprend, dit Baillon, « les légendes superstitieuses qui se rattachent à l'origine céleste de ce précieux végétal ».

l'on peut qualifier d'oléagineux ; on peut, en effet, étaler la pulpe de ses gousses sur du pain exactement comme s'il s'agissait de beurre ; la substance de ces fruits est d'ailleurs fréquemment désignée sous le nom de beurre végétal.

Les types les plus communs de fruits tropicaux sont ceux qui fournissent des matières sucrées. Il serait long d'en citer la liste, mentionnons seulement quelques-uns d'entre eux que l'on récolte principalement à Java.

L'Ananas est une plante que l'on y cultive très communément. Les Javanais le plantent en guise de haie autour de leur Kampong, et les fruits succulents que donne cette espèce sont si nombreux qu'on les vend sur les marchés pour un prix presque dérisoire.

Les Pamplemousses (*Citrus decumana*) ressemblent beaucoup à d'énormes oranges, grosses comme une tête et pesant de 5 à 10 livres. On les voit très communément apparaître sur les tables.

Mais parmi les fruits les plus exquis qui ont un goût aussi délicat que le raisin le plus estimé, on peut citer ceux de Sapindacées comme le *Nephelium mutabile* et le *N. lappaceum*. Leur enveloppe est couverte de piquants rappelant un peu ceux que tout le monde a observés sur les fruits des Marronniers (qui offrent d'ailleurs des affinités avec ces plantes). Si l'on vient à presser le péricarpe, on en fait sortir une graine couverte d'une arille blanche que l'on peut manger sans s'en rassasier, même lorsqu'on a les fruits les plus délicats à sa disposition.

Les Mangostans (*Garcinia Mangostana*, Clusiacée) donnent des fructifications de la grosseur d'une petite poire, que l'on divise par une section circulaire de façon à enlever un couvercle et à mettre à nu 4 à 6 graines charnues blanches comme des boules de neige, dont la chair douce fond sur la langue et rappelle le goût de la pêche ou du raisin.

La liste de ces fruits est ainsi presque inépuisable : Manguier (*Mangifera indica* Anacardiacée), *Jambosa* (Myrtacée), *Achras Sapota* (Sapotacée), *Anona squamosa* (Anonacée), etc. Aliments tous singuliers pour la bouche d'un Européen qui ne possède pas un langage suffisamment riche en expressions pour en caractériser le goût souvent complexe et étrange. Parmi ces fruits qui font, à la première impression,

fuir toute personne non prévenue, nous pouvons notamment signaler ceux du *Durio zibethinus* (Bombacée) qui dégagent, quand ils sont amoncelés, une odeur épouvantable ; cependant tous ceux qui ont eu assez de courage pour vaincre la répugnance que provoquent des parfums aussi désagréables et qui ont brisé l'enveloppe de ces fruits, trouvent que la pulpe a une saveur qui rappelle celle de la crème ou des amandes.

La noix du Cocotier, qui est également un aliment important des régions tropicales, contient dans sa cavité un lait de coco que l'on peut extraire en perforant le fruit. Cette graine renferme un albumen dont la consistance est un peu fibreuse, mais dont l'arrière-goût d'amande n'est pas désagréable. Les Javanais pilent cette substance et s'en servent pour relever un peu le riz qui est leur aliment fondamental (1).

Les richesses végétales que rencontrent ainsi les indigènes partout à leur portée leur permettent donc de vivre presque sans travail dans ces heureux pays. La culture du riz est cependant, depuis un temps immémorial, très répandue dans toutes les contrées qui présentent des régions susceptibles d'être inondées : c'est ainsi qu'à Java les rizières occupent, depuis des siècles, de vastes étendues de terrains. Comme la fumure est inutile, puisque l'eau des fleuves ou des rivières sert à fertiliser le sol, et comme la terre est molle, le labourage et la culture se font sans grands efforts. Le sillon étant ouvert préalablement par la petite charrue chinoise, l'indigène sème le grain à la volée. Il est suivi par un buffle traînant une planche qui unit le sol et qui met en suspension la vase qui recouvre ensuite le grain. Souvent on laisse la plante en place, quelquefois on la repique : ce sont des femmes et des enfants qui font ce travail. Quatre ou cinq mois après les semailles, la récolte est prête, et le terrain préparé de la même façon pourra recevoir un nouvel ensemencement.

(1) Les autres applications de cette plante sont extrêmement nombreuses. D'ailleurs l'utilité des Palmiers est majeure pour les habitants des régions chaudes : bois de charpente, nattes, paniers, chapeaux, papier, vin de palme, eau-de-vie, arrack, huile, savons, bougies, textiles, balais, brosses, sagou, etc., s'extraient de ces plantes. D'après les Indiens, les usages du Cocotier égalent en nombre les jours de l'année, et un poème tamoul en énumère 800 pour le Rondier (*Borassus flabelliformis*).

Cette culture commode n'exigeant pas de grands travaux suffisait à l'indigène, avec les produits qu'il pouvait récolter spontanément, avant l'arrivée des Hollandais. Ces derniers ont pensé qu'ils pourraient arriver à stimuler l'indolence des douces populations javanaises qui se trouvaient sous leur domination sans changer leurs mœurs, ni le système de gouvernement auquel elles étaient habituées. Le sol appartenant à l'État au temps des sultans, ils utilisèrent le système des corvées pour imposer la culture d'un certain nombre de plantes importantes, comme la Canne à sucre, le Caféier, etc. Ce système gouvernemental a été complété par une politique habile qui avait surtout pour principe que, pour bien commander aux indigènes, il fallait savoir leurs langues et connaître leurs mœurs, aussi le gouvernement hollandais a-t-il imposé à tous ses fonctionnaires la connaissance non seulement du malais, mais même des dialectes de l'île. Grâce à un ensemble de sages mesures, un petit nombre d'Européens a pu gouverner une immense population. Quoique la Hollande n'ait pas donné la liberté aux Javanais qui se trouvaient courbés sous ses lois, elle leur a du moins procuré le moyen, en les y contraignant il est vrai, de tirer de leur pays les trésors qu'il renfermait. Ce qui semble excuser cette méthode un peu tyrannique, c'est que grâce à elle la population s'est accrue dans des proportions tout à fait extraordinaires depuis le commencement du siècle. On comptait alors à Java environ 3 millions d'habitants. Dès que le régime de la culture forcée a été imposé, on a vu ce chiffre s'élever, doubler en peu d'années et, à l'heure actuelle, il y a 25 millions d'habitants dans cette île. L'exubérante végétation tropicale se charge de nourrir cette fourmilière, car il n'y a pas de pays au monde où la population soit aussi dense ; et, fait très remarquable, il n'y a pas de mendiants sur cette terre féconde, tandis qu'on en rencontre assez communément à Ceylan. N'oublions pas d'ajouter que, pendant de longues années, la métropole s'est enrichie des produits de cette colonie merveilleuse.

Nous avons insisté un peu sur ces questions parce qu'il nous semble qu'elles sont intimement liées à l'étude de la flore puissante qui s'épanouit sous l'équateur.

La forêt tropicale contribue d'ailleurs à la richesse

de ces pays fécondés par les pluies et les rayons solaires, puisque c'est à son ombre que peut se faire la culture du Caféier, du Cacaoyer et de tant d'autres plantes utilesqu'elle contient en nombre presque indéfini. On ne saurait donc la détruire impunément. Tant qu'elle existe, elle oppose un obstacle pour ainsi dire invincible à l'invasion d'espèces étrangères, et l'on a remarqué qu'à Java, où beaucoup d'espèces étrangères américaines notamment se sont naturalisées, elles ne pénètrent jamais dans l'intérieur de la forêt vierge.

Il est cependant des pays comme le Brésil où cette destruction est fréquemment entreprise pour l'exploitation ; pour l'achever, on a l'habitude de livrer aux flammes toutes les parties sèches qui subsistent. Quand une zone de forêt a été ainsi atteinte par le feu, il lui faut vingt-cinq ans pour se reconstituer : les espèces annuelles se montrent d'abord, mais elles sont bientôt détruites par l'invasion des arbrisseaux, des arbres et des lianes. Il ne semble pas d'ailleurs que la forêt puisse se reconstruire indéfiniment, et après la troisième destruction, selon M. Warming, elle ne se reformerait plus.

Ces dévastations systématiques ne se sont produites que grâce à l'intervention de l'homme et surtout de l'homme civilisé. Partout ailleurs, la forêt vierge s'est maintenue depuis un temps indéfiniment reculé ; il ne semble pas y avoir eu (au moins si la géologie actuelle nous permet de résoudre cette question) de cataclysme dans ces régions équatoriales, de sorte que M. Wallace a pu dire que cette flore n'est, pour ainsi dire, que la continuation d'une végétation ininterrompue depuis les premiers âges de la terre.

CHAPITRE VII

LA FORÊT TROPICALE

PENDANT LES PÉRIODES GÉOLOGIQUES

La flore qui s'observe actuellement à la surface de notre globe représente le dernier stade de l'évolution des plantes sur l'écorce terrestre. Quelles étapes ont marqué les transformations successives du tapis végétal pendant le cours des âges? Comment notamment a varié la flore tropicale dans les périodes antérieures à l'ère actuelle ? A ces questions, nous allons chercher à répondre en étudiant quelle a été l'extension de cette dernière flore dans les temps passés et quelles modifications sa constitution a pu subir.

On a trouvé dans les terrains primaires, formés au début de l'histoire de notre planète, des débris d'une végétation magnifique qui a d'abord peuplé les continents. La superbe forêt qui existait à cette époque a laissé dans le sol d'énormes débris, et ce sont ces restes qui forment la houille que l'on exploite en divers points de la France, de la Belgique et de l'Angleterre.

On a pu reconstituer un très grand nombre de plantes qui entraient dans la composition de cette flore houillère, de sorte que l'on se représente assez bien quel pouvait être l'aspect de la végétation des continents et des lagunes qui existaient à cette époque. La taille des arbres composant la forêt était élevée : ils atteignaient 10 à 40 mètres de haut et leurs troncs avaient souvent un diamètre de 1 mètre à $1^{m},50$ de diamètre. Par la puissance de leur développement, ces

végétaux rappelaient déjà la flore tropicale actuelle, mais ils s'en rapprochaient par d'autres caractères.

Les Fougères arborescentes, qui étaient très nombreuses, appartenaient surtout aux Marattiacées, subdivision des Pécoptiridées (*fig.* 34 à 44, p. 74) ; les Sigillaires, se rattachant à un second groupe de Cryptogames vasculaires, les Lycopodinées (*fig.* 45 à 52, p. 76), étaient formées de hautes colonnes restant indivises jusqu'au sommet. Dans les deux types de plantes il y avait en haut une touffe de feuilles, très grandes et très découpées chez les premières, beaucoup plus petites et entières chez les secondes. Nous retrouvons donc le port très caractéristique que nous avons décrit pour un certain nombre de plantes tropicales qui vivent à l'heure présente.

Il y avait des espèces se ramifiant comme les *Lepidodendron* (Lycopodinées) et les *Cordaïtées*, (1) (Gymnospermes), mais leur ramification était encore tardive ou peu abondante et les rameaux ainsi que les feuilles étaient encore localisés au sommet de la tige, ainsi que nous l'avons vu dans un certain nombre de plantes actuellement vivantes comme les *Schizolobium*.

Ces divers caractères indiquent donc qu'il y avait entre les géants de la forêt houillère la même lutte pour la lumière qu'entre les grands arbres de la végétation que nous observons aujourd'hui à l'équateur. Sous le dôme de la verdure, l'éclairement devait être très affaibli et il se développait dans le sous-bois obscur un grand nombre de plantes herbacées gigantesques qui étaient surtout formées de Sphénoptéridées, de Névroptéridées, etc. Les frondes de ces Fougères étaient le plus souvent très hautes et très découpées, elles tenaient la place des Fougères herbacées actuelles comme les *Gleichenia*, sans cependant, semble-t-il, atteindre de dimensions aussi colossales.

Il y a cependant, malgré ces analogies entre la flore ancienne et la flore actuelle, de notables différences entre elles. Il n'y avait d'abord aucune fleur brillante, puis les arbustes et les arbrisseaux, c'est-à-dire le sous-bois, ne paraissent pas avoir eu la

(1) La taille des Cordaïtées était de 30 à 40 mètres ; celle des *Lepidodendron*, de 20 à 30 mètres de haut et de 1 mètre de diamètre ; celle des Sigillaires, de 8 à 15 mètres et de $1^{m},7$ d'épaisseur.

Fig. 34 à 44. — Fougères arborescentes de l'époque houillère ; entre les grands arbres se voient quelques Fougères herbacées (d'après Grand'Eury).

même importance autrefois qu'aujourd'hui. La variété des espèces également n'était pas aussi grande que maintenant : on n'y trouvait pas la même richesse de genres et de familles, et cela d'ailleurs se conçoit aisément, puisque les plantes angiospermes n'avaient pas encore fait leur apparition. La forêt équatoriale s'est donc considérablement enrichie dans le cours des âges, cependant tous les types qui vivaient pendant la période houillère ont complètement disparu, et, à leur place, une multitude de formes nouvelles sont nées, puis se sont éteintes, et à maintes reprises ces successions de flores se sont produites avant d'arriver à la période actuelle.

Mais c'est également par l'étude de la distribution qu'une très grande dissemblance se manifeste entre notre flore tropicale et la flore houillère. Nous savons sur quels territoires en somme restreints est maintenant répartie la première ; or, la seconde a dû s'étendre sur toute la surface des anciennes terres, puisqu'on a trouvé les débris de la même végétation au Spitzberg et dans l'Inde, aussi bien que dans l'Europe occidentale.

La végétation admirable que nous venons de caractériser en quelques mots s'est épanouie pendant une période que l'on peut appeler l'antiquité dans l'histoire géologique de la terre ; il y avait alors à sa surface quelques Gymnospermes, mais, comme ils ne formaient qu'une minorité, on peut désigner cette ère sous le nom de règne des Cryptogames vasculaires.

Pendant une immense période appelée secondaire, qui est pour ainsi dire le moyen âge de notre globe, la végétation a commencé à changer notablement d'aspect, et c'est vers la fin de cette époque reculée que les plantes angiospermes ont fait leur apparition. Bien que l'on puisse voir déjà manifestement les caractères de la flore se modifier avec les pays, indiquant d'une manière nette qu'il y avait déjà des climats à la surface de la terre, cependant la plus grande partie de l'Europe (et la France notamment) était encore couverte de végétaux conservant les caractères de plantes des pays chauds.

La première époque des temps secondaires mérite d'être appelée le règne des Gymnospermes. Parmi les Conifères, on remarque les Voltzies du Trias, les Taxées du Jurassique (*Baiera*), les *Pachyphyllum Czekanowskia* et du même terrain : on trouve des *Araucaria* et des Pins dans le Gault et le Néocomien, dont les formes se rapprochent des types qui

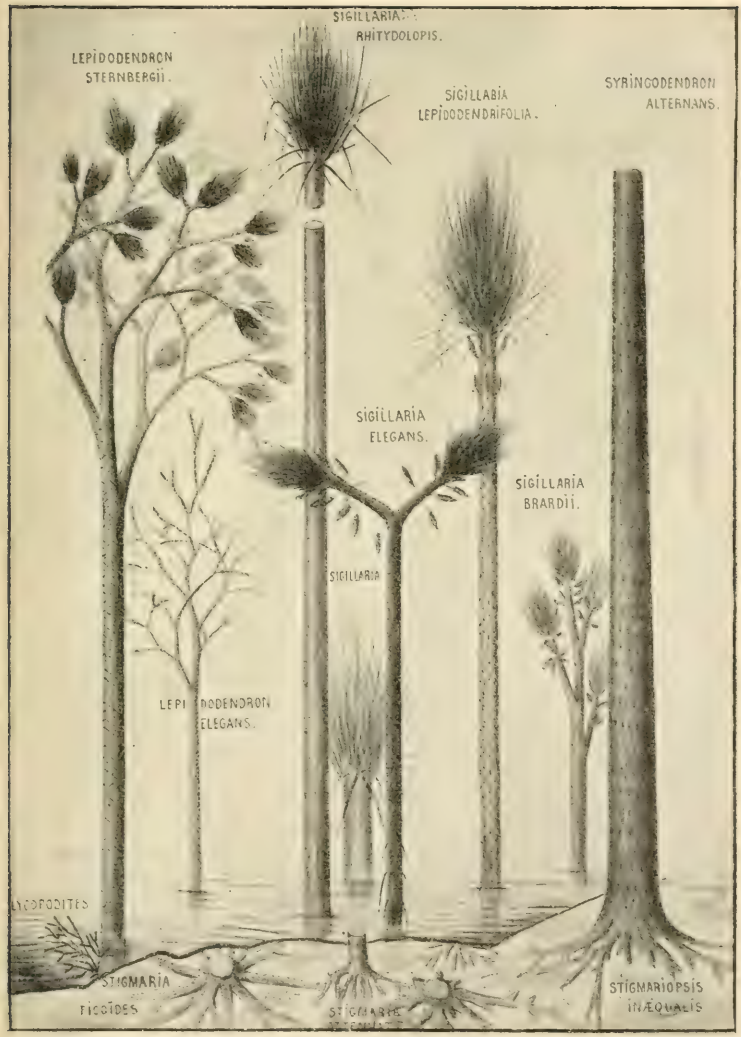


Fig. 45 à 52. — Sigillaires et Lepidodendrons de la flore primaire (d'après Grand'Eury).

vivent actuellement. Parmi les Cycadées, ce sont surtout les *Pterophyllum*, les *Podozamites*, *Zamites*, etc., qui dominent. Un fait des plus remarquables, au point de vue de la distribution de ces groupes pendant cette période, c'est la présence dans certains dépôts arctiques (néocomiens) de vestiges qui rappellent les formes de la flore californienne actuelle caractérisée par le *Sequoia* (1).

L'apparition des plantes Phanérogames angiospermes, qui est certaine à partir du Crétacé (2), c'est-à-dire vers la fin des temps secondaires, amène l'élimination de la plupart des Conifères, des Cycadées et des dernières Fougères arborescentes.

L'ère moderne de notre globe commence avec l'époque tertiaire, et les flores septentrionales tendent à se rapprocher peu à peu de la végétation actuelle de nos pays, mais cependant on a encore trouvé, à l'origine de ces temps nouveaux, au Spitzberg et au Groenland, à 81 degrés de latitude boréale, des débris de Lauriers mélangés, il est vrai, à des restes de Chênes, de Platanes et de Hêtres. L'apparition de ces dernières espèces qui vivent maintenant dans les pays tempérés indique que le pôle commençait à se refroidir et que les climats se différenciaient déjà nettement.

Les terrains tertiaires ont été subdivisés, comme on sait, en Éocène, Oligocène, Miocène et Pliocène. Or, à la fin de l'Éocène s'observe encore un climat chaud, car les Palmiers, les Dragonniers et les Protéacées dominent en Europe ; aux environs de Paris et de Londres, on a signalé des fruits de *Nipa* (analogues à ceux du Cocotier), des empreintes rapportées à des Palmiers comme les Arecs, Chamæropes et Éléides. Cette flore se relie intimement à celle de l'Oligocène, et la riche flore d'Aix en Provence (500 espèces) correspond à la fin de l'Éocène et au commencement de l'Oligocène : cette végétation d'Aix caractérise un climat très chaud et très sec où les saisons sont nettement marquées. On y trouve associés des Conifères (*Widdringtonia*, *Juniperus*), des Palmiers nombreux, des Chênes, des Lauriers, des Pistachiers (3), etc. A la même

(1) Ce genre subsiste avec les Ginkgo au Groenland pendant le Crétacé.

(2) Les Monocotylédones (*Rhizocaulon*) apparaissent un peu avant dans le Kimmeridgien du Portugal.

(3) Cette flore a été surtout étudiée par M. de Saporta.

époque oligocène, dans le Nord de l'Allemagne, le long de la Baltique, on a rencontré dans l'ambre, qui est une résine due à un Pin disparu (*Pinus succinifera*), de très nombreux débris de feuilles, de fleurs, de fruits d'une très belle flore éteinte composée de Chênes, de Châtaigniers, de Hêtres, d'Oliviers, de Cannelliers, de Magnoliers, de Théiers, de Palmiers (1).

Dans son ensemble, la flore oligocène est donc remarquable par l'association d'arbres à feuilles caduques (Chênes, Érables, etc.) avec les formes tropicales à feuilles persistantes (Palmiers, Camphriers, Cannelliers, etc.).

Le Miocène est encore très riche en végétaux, car on en a trouvé dans les couches de Gergovie, aux environs de Privas, et surtout dans celles d'Œningen (2). Les arbres à feuilles caduques deviennent de plus en plus abondants ; les formes tropicales comme les Palmiers sont plus rares et disparaissent presque complètement pendant le Pliocène.

La dernière ère du globe est la période quaternaire depuis le début de laquelle l'homme existe avec certitude ; elle a été caractérisée à certaines époques par une énorme extension des glaciers qui s'avançaient dans la vallée du Rhône plus loin que Lyon.

Pendant la grande extension des glaces, on trouvait les espèces de la région alpine supérieure ou arctique beaucoup plus bas ou plus au sud que maintenant. Avant et après cette période, la végétation était et est redevenue sensiblement la même que de nos jours, au moins dans ses traits généraux. Cela ne veut pas dire que de nombreux changements ne s'y sont pas opérés, et les transformations que l'on observe dans la constitution des lits successifs de certaines tourbières sont là pour le prouver. Les recherches de MM. Steenstrup et Blytt ont, en effet, établi qu'en un même point ont pu exister successivement des forêts de Trembles, puis de Pins, de Chênes et enfin celles de Hêtres qu'on observe à l'heure actuelle.

Les quelques mots qui précèdent suffisent à indiquer quelles transformations profondes a dû subir notre globe dans

(1) Les recherches de Goeppert, de Caspary et surtout de M. Conventz ont élucidé cette question.

(2) Etudiées par Heer.

le cours de son histoire, devant laquelle l'évolution de l'humanité n'est qu'une courte épopée. Elle nous apprend, en résumé, que la flore tropicale, après avoir couvert tout le globe, a dû très lentement abandonner les pays septentrionaux qui se refroidissaient progressivement et irrégulièrement, et c'est à une époque relativement peu ancienne que la végétation de la France a perdu ses caractères tropicaux.

Cette condensation dans les régions équatoriales de la flore exubérante qui couvrait primitivement le globe a eu comme conséquence l'abandon, complet dans un certain nombre de cas, des domaines aujourd'hui tempérés par diverses familles végétales spécialement adaptées à un climat plus uniforme. Parmi ces plantes, nous pouvons, pour citer un exemple, mentionner notamment le groupe des Sapindacées, qui est aujourd'hui entièrement formé de plantes des pays chauds, principalement d'arbres distribués uniformément dans toutes les contrées tropicales. L'existence de ces végétaux dans le nord à l'époque éocène a été d'ailleurs démontrée ; aussi n'est-il pas invraisemblable d'admettre que cette grande famille ait pu laisser en Europe quelques types. Ceux-ci, en divergeant, en s'adaptant, ont dû finir par constituer un groupe nouveau ayant une autonomie assez marquée, mais présentant une parenté accusée avec les Sapindacées. Ceci nous amène à penser aux Acérinées et aux Hippocastanées, qui sont deux petites familles d'arbres uniquement localisées dans les pays tempérés et qui sont intimement liées au groupe précédent. La possibilité d'une adaptation aux climats froids a dû résulter pour ces végétaux de la chute des feuilles et de la production d'écailles dures et résistantes aux bourgeons qui leur ont permis de subsister dans le nord, à la suite du refroidissement des régions polaires.

Cet exemple, choisi entre beaucoup d'autres, nous permet d'entrevoir comment peuvent se relier les unes aux autres des familles que l'on considère bien souvent comme distinctes.

Un certain nombre d'autres groupes d'arbres, qui existent actuellement surtout dans les pays tempérés, sont très vraisemblablement les descendants de l'ancienne grande forêt que nous appelons tropicale (quoiqu'elle se soit étendue bien au delà des tropiques). L'existence au Groenland des

Sequoia, des *Ginkgo* pendant les temps secondaires paraît justifier cette opinion. Dans le cours des âges géologiques, certains types, comme les Pins et les Sapins dérivés des anciennes Conifères, se sont accommodés progressivement aux basses températures, grâce à leurs feuilles dures et étroites qui leur permettaient de survivre à l'hiver. C'est vraisemblablement ainsi que peu à peu se sont constituées les forêts de nos pays à feuillage persistant.

Des considérations de cette nature nous conduisent de même à admettre qu'une famille comme celle des Composées, qui est surtout formée de végétaux herbacés qui prédominent dans le nord ou dans les régions subtropicales, est un groupe d'origine relativement récente, conclusion à laquelle sont d'ailleurs arrivés certains auteurs par une voie tout à fait différente.

Par contre, un grand nombre de groupes se sont condensés dans les pays voisins de l'équateur et ils ont gardé leur caractère primitif.

On conçoit pourquoi les familles suivantes exclusivement tropicales ne sont formées que d'arbres et d'arbustes.

Protéacées.	Bixacées.	Ebénacées.
Myristicacées.	Simarubacées.	Sapotacées.
Erythroxylacées.	Ochnacées (1).	Styracées.

Au terme de cette première partie de notre étude, nous voyons à quelles conclusions importantes nous sommes conduits. La chaleur et l'humidité sont les deux grandes causes qui ont amené la création de la forêt équatoriale et qui lui ont imprimé ses caractères les plus saillants. Par suite de l'excitation due à ces deux facteurs, la végétation a pris un développement exubérant qui a eu comme conséquence une ardente lutte pour la lumière, et ce combat a amené les déformations les plus étranges des arbres. L'harmonie de la flore avec le milieu extérieur se traduit encore à nos yeux par la constitution et la durée du feuillage, par le rythme de la floraison. L'influence toute-puissante des agents cosmiques, qui se manifeste ainsi nettement à l'heure actuelle pour la flore tropicale, a d'ailleurs existé dans les temps passés et l'étude des végétaux de la houille nous révèle les effets du jeu de ces mêmes forces. Ces deux flores, qui présentent de si grandes

(1) Contient quelques herbes.

analogies entre elles, dérivent d'ailleurs l'une de l'autre : les forêts des régions équatoriales sont les débris d'une flore qui s'étendait autrefois uniformément jusqu'au pôle. Cette immense végétation tropicale des temps passés s'est condensée peu à peu vers l'équateur, en abandonnant dans les régions tempérées refroidies quelques arbres adaptés à des conditions nouvelles d'existence et en laissant le champ libre à une nouvelle évolution des espèces herbacées.

Nous avons donc lieu de croire que la flore tropicale représente les restes de la plus ancienne végétation du globe. C'est une opinion qui a été autrefois formulée par M. Wallace et adoptée récemment par M. Warming : c'est d'ailleurs dans les contrées chaudes que nous trouvons actuellement ces forêts de Fougères arborescentes qui évoquent dans notre esprit les merveilles de la flore houillère.

DEUXIÈME PARTIE

LES LIANES

CHAPITRE VIII

ORIGINE ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES LIANES

L'étude de la végétation arborescente nous a permis d'entrevoir sous l'influence de quels facteurs cosmiques la forêt tropicale avait dû se constituer. Nous avons vu comment la chaleur et l'humidité interviennent d'une manière prépondérante, encore à l'heure actuelle, pour donner à ces plantes leur haute taille et leur puissance végétative. La lumière joue aussi un rôle important, quoiqu'un peu subordonné ; son action se manifeste par l'examen du mode de ramification des grands arbres et par les caractères du sous-bois. L'importance de ce dernier facteur va se manifester à nous d'une manière bien plus complète par l'étude des espèces qui pullulent à l'ombre de la forêt : les caractères des lianes notamment qui s'y observent en grand nombre peuvent nous fournir une preuve décisive de l'action de la radiation.

Imaginons qu'une graine d'une plante habituée à vivre en plein soleil, dans les savanes ou dans les régions plus ou moins désertiques qui ne sont pas éloignées des grands bois tropicaux, vienne à tomber accidentellement sur le sol de la forêt vierge. Cette graine ne tarde pas à germer, et la plantule ainsi produite s'étiole aussitôt, car elle croît à l'ombre non seulement des grands arbres, mais aussi des arbustes, des arbrisseaux et même des herbes qui s'observent dans les régions

basses. Les caractères des végétaux étiolés sont bien connus, il suffit d'avoir fait germer une espèce quelconque à l'obscurité pour les voir se manifester nettement : la tige s'allonge beaucoup, les feuilles sont atrophiées ; la consistance de la plante reste faible parce que son squelette fibreux ne se développe pas, aussi ne tarde-t-elle pas à s'infléchir vers le sol pour y mourir. Les germinations qui ont lieu dans les parties obscures des forêts tropicales des plantes non adaptées à ces conditions de vie ont souvent une pareille destinée ; on peut concevoir cependant que toutes ne périssent pas, et cela pour plusieurs raisons. D'abord une petite quantité de lumière peut filtrer jusqu'à elles, les jeunes plantes n'étant pas à l'obscurité complète comme dans nos expériences de laboratoire. En second lieu, elles trouvent quelquefois de suite un appui sur les herbes et les arbrisseaux qui les environnent ; soutenues, elles ne retombent pas sur le sol où règne l'ombre épaisse, elles gagnent des régions de plus en plus éclairées et se fortifient par cela même ; elles arrivent ainsi fréquemment jusqu'aux régions supérieures du bois où elles trouvent assez de lumière pour fleurir et se reproduire.

Les phénomènes que nous venons de décrire ont dû se passer bien souvent autrefois, et peuvent s'observer fréquemment encore aujourd'hui pour les graines des plantes qui vivent aux confins des régions tropicales ou qui habitent même des contrées éloignées. Constamment un triage des germes s'opère par le procédé que nous venons de décrire : les uns sont rapidement détruits ; les autres survivent, donnent des individus capables de se reproduire, et les graines formées conservent le plus souvent par hérédité les caractères qui ont permis à la plante mère de s'adapter aux conditions particulières de vie qui se rencontrent dans l'obscurité de la forêt.

M. Schenck, qui s'est livré à une étude approfondie des lianes tropicales, a signalé à maintes reprises la présence sous bois d'espèces vivant normalement dans les clairières, les savanes ou les dunes découvertes au bord de la mer. Il a toujours vu alors ces végétaux changer complètement d'aspect.

Le *Fuchsia integrifolia* a été rencontré, par exemple, dans les forêts des montagnes du Brésil où il forme une plante grimpante de 3 mètres de haut ; sa tige acquiert l'épaisseur du

bras et il peut fleurir. En dehors des bois, dans ces mêmes régions, on rencontre sur les coteaux rocailleux des individus de la même espèce qui constituent des buissons de la hauteur d'un homme au plus. On est conduit à admettre que la liane du sous-bois est la forme dérivée, tandis que les individus des places découvertes sont primitifs, parce que les deux autres espèces de *Fuchsia* du Brésil sont des buissons. Des changements aussi profonds ont été observés pour une Amarantacée, l'*Hebanthe holosericea* : la liane est bien certainement, dans ce cas, dérivée du type buissonnant, puisque ce dernier seul produit des fleurs.

Ce ne sont pas seulement des graines d'arbrisseaux qui, transportées dans la forêt, sont susceptibles de donner naissance à des plantes grimpantes, les semences des végétaux qui rampent d'ordinaire dans les dunes sablonneuses du littoral qu'on appelle Restinga au Brésil peuvent produire des individus modifiés de la même manière grâce à l'ombre des grands arbres. Une autre Amarantacée, le *Telanthera prælonga*, nous en donne une preuve. Nous admettrons ici encore que le type rampant est primitif parce qu'il est très commun dans la famille à laquelle appartient cette espèce, tandis que les lianes y sont, au contraire, extrêmement rares.

Les transformations inverses peuvent évidemment se produire, et M. Schenck est disposé à croire que l'*Ipomæa pes caprae*, espèce rampante caractéristique des dunes que nous venons de mentionner, est un type échappé de la forêt qui a perdu sa qualité de liane, car la famille des Convolvulacées, dans laquelle on range cette Ipomée, est surtout composée de plantes volubiles.

Nous pourrions multiplier ces exemples qui font entrevoir qu'il y a parmi les lianes tropicales des types qui n'ont acquis que récemment la propriété de grimper et qui sont susceptibles de retourner à la forme initiale non grimpante dont elles dérivent. Il y a également parmi elles des espèces qui sont en train de renoncer à leur mode d'existence. Toujours les changements d'aspect résultent d'un changement de milieu.

Il est cependant un grand nombre de lianes pour lesquelles la propriété de grimper est devenue un caractère immuable. Elles sont si bien adaptées à ce mode d'existence, et tellement différenciées depuis un si grand nombre de générations pour

s'attacher à tous les supports, qu'elles sont incapables de se modifier, même si on les fait croître en dehors de la forêt. Peut-on cependant pour celles-là retrouver dans leurs caractères la preuve de transformations qui ont dû se produire autrefois dans leur organisation sous l'influence des facteurs cosmiques? Nous allons chercher à montrer qu'il y a en faveur de cette manière de voir des arguments assez sérieux.

Un certain nombre de caractères généraux des lianes montrent que c'est bien l'étiolement qui contribue ou qui a dû contribuer originairement à donner aux plantes grimpantes leurs aspects les plus étranges et les plus frappants.

Quand, expérimentalement, on étiole une plante, on remarque que les entre-nœuds sont extrêmement longs et que les feuilles sont presque toujours atrophiées. Or c'est là un caractère presque constant des lianes de présenter des feuilles extrêmement rares. On peut examiner des *Bauhinia* souvent sur une longueur de plusieurs mètres sans rencontrer une seule feuille ; ces organes sont réduits à de simples écailles. Il est extrêmement probable que l'énorme longueur des entre-nœuds des plantes grimpantes constitue un caractère qui a été, lors de la fixation de ces espèces, en rapport avec l'absence de lumière ; mais, peu à peu, les végétaux ayant vécu pendant un nombre indéfini de générations à l'ombre des grands arbres de la forêt, l'allongement des entre-nœuds est devenu héréditaire, et cette particularité se maintient à l'heure actuelle même quand on cultive certaines de ces plantes dans un lieu éclairé.

Un autre fait est, pour ainsi dire, la conséquence du précédent. Une plante étiolée qui consacre toute son énergie à l'élongation de ses entre-nœuds, qui atrophie pour cela ses feuilles afin d'aller chercher la lumière aussi rapidement que possible, ne peut pas, par cela même, songer à se ramifier. Les individus qui ont une tendance à produire des branches sont fatalement destinés à disparaître, car ils perdent inutilement leurs réserves nutritives ou du moins ne les utilisent pas pour gagner la couronne de la forêt où ils pourront seulement se reproduire et s'assurer une descendance. Les ramifications des lianes devront donc être rares ; il est des plantes, comme les *Strychnos* notamment, qui n'en présentent qu'au bout de 30 ou 40 mètres.

Il ne faudrait cependant pas croire que la capacité de se ramifier est perdue pour ces espèces, car, dès que les tiges

Fig. 53. — *Pasætha scandens*. Liane qui, après s'être développée un certain temps sur le sol (25m), s'élève sur un arbre et produit ses fleurs dans les rameaux supérieurs (d'après M. Tschirch).

arrivent à la lumière, une ramification très abondante y apparaît (*fig.* 53). Il est à remarquer ici l'analogie frappante qui se manifeste entre les lianes et les arbres au point de vue du mode d'action de la radiation sur la ramification.

Une autre remarque mérite encore d'être faite sur les plantes grimpantes, parce qu'elle est bien encore en rapport avec l'étiolement de ces végétaux ; elle est relative à la longueur totale de la tige. Les dimensions de ces plantes sont souvent extraordinaires ; c'est dans ce groupe que l'on rencontre les géants du règne végétal, car les Rotangs ou *Calamus* atteignent fréquemment 200 à 300 mètres de long. Évidemment des dimensions aussi colossales ne peuvent s'expliquer que par la tendance de ces plantes à retomber sur le sol après avoir trouvé appui momentané sur les supports voisins ; elles sont alors obligées de grimper de nouveau ; le Rotang présente fréquemment sur le sol une véritable corde enroulée sur elle-même qui, selon M. Treub, atteint dans quelques cas, pour cette seule partie, jusqu'à 250 mètres de long. Il est bien certain que de pareils phénomènes sont en rapport avec la privation de lumière : si ces végétaux se développaient en plein soleil, la lumière atténuant la croissance, leur élongation serait bien vite arrêtée.

Il est à noter d'ailleurs que bien souvent les plantes grimpantes sont exposées, quand elles ne rencontrent pas de support dans le voisinage, à ramper sur le sol pendant un certain temps jusqu'à ce qu'elles trouvent un arbre ou des arbustes pour s'y appuyer. Un *Pusæltha scandens* de Java (*fig.* 53, p. 87) est particulièrement intéressant à cet égard. Depuis le point où la graine a germé jusqu'à celui où la plante commence à s'élever sur un arbre voisin, on peut mesurer une longueur de tige de 25 mètres, ce qui représente une dimension que n'atteignent pas bien souvent les plus grands arbres de nos pays ; cette plante apparaît ainsi comme une sorte de monstre informe qui semble couché sur le sol.

L'épaisseur de la tige est en relation directe avec sa longueur. Quand un végétal s'allonge d'une manière aussi prodigieuse que ceux que nous venons de décrire, il est bien évident qu'il ne peut pas, en même temps, s'épaissir. C'est la loi de corrélation ou encore ce que Gœthe a appelé d'une manière très juste la loi d'économie qui s'y oppose et qui règle tout dans la nature. Les tiges des lianes n'acquièrent jamais de bien grandes dimensions en épaisseur. Les Bambusées grimpantes, qui ont souvent 40 mètres de hauteur, n'atteignent que quelques millimètres de diamètre (*fig.* 54 et 55, p. 89).

Les conclusions que nous venons de tirer ont reçu récemment une confirmation très remarquable grâce aux recherches de M. Maige qui a prouvé expérimentalement que l'ombre favorise la formation des rameaux grimpants et exagère les caractères d'adaptation à la vie grimpante.

L'étiolement, dont nous venons de décrire les effets les plus généraux, peut avoir sur certaines espèces une action très particulière qui a été entrevue autrefois par Sachs. Depuis longtemps ce physiologiste avait remarqué que les tiges des plantes étiolées présentent des torsions rappelant tout à fait celles des lianes ; il avait également noté qu'elles s'enroulent fréquemment autour des objets qui sont dans leur voisinage. M. Noll a eu l'idée de soumettre cette remarque faite accidentellement à un contrôle attentif. Il plaça des germinations d'un certain nombre de plantes comme le Sarrasin (*Polygonum Fagopyrum*), la Capucine (*Tropæolum majus*) et les Choux (*Brassica Napus*) à l'obscurité, et il observa de temps en temps la position qu'elles prenaient dans l'espace en les examinant à l'aide d'une lanterne rouge (1).

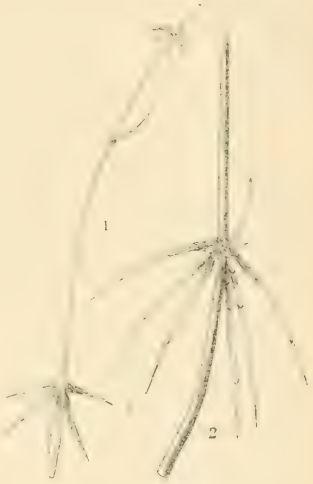


Fig. 54 et 55. — Bambusée grimpante. 1. Aspect de la tige. — 2. Un nœud plus grossi (d'après M. Schenck).

Ces expériences ont établi chez les plantes étiolées, au moins pour les deux premières espèces, une tendance très accusée à l'enroulement autour des supports, tandis qu'elle n'existait pas chez les individus développés en pleine lumière. On a vu notamment ainsi, pour la Capucine, que sur six germinations volubiles, cinq s'enroulaient vers la gauche et une vers la droite.

L'expérience précédente nous permet donc d'entrevoir pourquoi à l'origine, quand le caractère de l'enroulement n'est pas

(1) Il avait été établi préalablement que cette lumière ne produit pas de courbure phototropique.

encore suffisamment fixé, le sens dans lequel les espèces volubiles tournent autour des supports peut présenter des variations. Nous pouvons observer de tels changements pour quelques plantes volubiles. D'après Darwin, sur 17 individus de *Loasa aurantiaca*, 8 tournent à gauche, 5 à droite ; 4 présentent d'abord un enroulement dans un sens, puis dans un autre. Des phénomènes analogues s'observent d'ailleurs dans la Douce-Amère (*Solanum dulcamara*), qui souvent même ne s'enroule pas du tout (1).

Le dernier cas du Chou nous permet de comprendre pourquoi l'étiolement peut, au contraire, rester sans effet nutatoire semblable sur certaines espèces : M. Noll a constaté que le *Brassica Napus* ne s'est pas montré du tout apte à s'enrouler autour des supports à l'obscurité. Ces résultats dissemblables suivant les espèces sont en rapport avec les réactions inégales des différentes plantes sous l'influence de causes identiques : nous comprenons donc pourquoi la volubilité ne s'observe que dans un groupe limité de végétaux.

On pourrait être tenté de soupçonner une sorte de sensibilité rudimentaire dans le phénomène que nous venons de décrire de l'enroulement des tiges autour des supports. C'est là une opinion qui avait été autrefois soutenue par Hugo Mohl (2), mais qui a été abandonnée depuis. Il est cependant une catégorie de plantes grimpantes pour laquelle cette irritabilité semble exister avec plus de fondement, c'est celle qui forme le groupe des vrilles. L'action de l'étiolement se manifeste encore dans les caractères de ces derniers organes par leur allongement, par l'atrophie des feuilles ou des limbes qu'elles devraient porter et qui manquent plus ou moins complètement. Doit-on dire que le développement de l'irritabilité de ces vrilles est sous la dépendance de l'agent lumineux ? On est tenté d'avoir cette opinion si l'on tient compte d'une remarque de M. Mueller d'après laquelle, dans les Cucurbitacées, les vrilles des exemplaires minces sont plus excitables que celles des exemplaires trapus ; de même les vrilles grêles et fines sont plus facilement irritables que les

(1) Les *Lygodium*, Fougères qui grimpent par leur pétiole, les *Ipomœa jucunda*, les *Hibbertia dentata* (Dilleniacées) présentent la même instabilité dans le sens de l'enroulement.

(2) Cette opinion, soutenue en 1827, a été combattue par Palm.

vrilles épaisses. Or, il est bien connu que les individus trapus ont plus de chances de s'observer au soleil qu'à l'ombre ; de là à conclure que c'est l'ombre qui fait apparaître la sensibilité des vrilles il n'y a qu'un pas. Il ne faut cependant pas se hâter de le franchir, car les expériences sur ce point manquent encore, et M. Mueller prétend même que les vrilles sont plus excitables au soleil qu'à l'ombre. Il nous semble que ce résultat mériterait d'être un peu mieux contrôlé.

Quoi qu'il en soit, l'ombre, en favorisant la croissance, doit avoir une action sur les vrilles, car, lorsque leur accroissement est terminé, la sensibilité disparaît. D'autre part, en provoquant une grande élongation des vrilles, la lumière diffuse de la forêt contribue également à amplifier les phénomènes de nutation qui se manifestent dans ces organes. Quand on en suit la pointe, avant qu'elle ait rencontré un objet autour duquel elle doit s'enrouler, on voit qu'elle décrit une large spirale. Les plantes grimpantes qui possèdent des vrilles sont comme pourvues de longs doigts grêles à l'aide desquels elles paraissent constamment explorer l'espace. La durée d'une rotation est souvent d'une heure, c'est donc un mouvement assez lent, qui ne se manifeste que lorsqu'on le suit avec soin ; si on imagine par la pensée que la vitesse en soit plus grande, on serait certainement grandement frappé du spectacle étrange qu'offrent ces lianes qui, comme des sortes de polypes aux cent bras, explorent constamment l'espace et cherchent à s'accrocher à tout ce qui les entoure.

Jusqu'ici les caractères des lianes que nous venons d'examiner découlent assez nettement de l'action de la lumière. Il en est d'autres cependant qui sont les conséquences des effets d'une catégorie différente de forces auxquelles sont soumises ces tiges singulières. On voit aisément qu'elles sont tendues souvent d'un arbre à l'autre comme de véritables câbles, exposées par conséquent comme des cordages à des pressions à des tensions, à des flexions les plus diverses ; ces actions variées doivent avoir des contre-coups multiples sur la forme et la structure de ces plantes.

Une pression prolongée sur un organe tend à l'aplatir. Une pareille action se manifeste avec netteté dans certaines lianes qui s'enroulent autour d'arbres jeunes, lesquels continuent à grossir après que le phénomène de la volubilité est achevé. Le

support s'épaississant, on voit, par exemple, la tige du *Lonicera ciliosa* s'étaler peu à peu en ruban sous l'influence de la pression qu'elle supporte. Il n'est pas rare de voir dans les plantes grimpantes des aplatissements de cette nature et des déformations tout à fait singulières.

La propriété de s'enrouler autour des arbres provoque, en outre, des actions mécaniques d'une autre nature dont les plus importantes sont des torsions.

Si l'on imagine que l'on veuille enrouler en spirale autour d'un support une série de cylindres articulés les uns à la suite des autres, on n'y parviendra pas si les charnières qui réunissent les articles entre eux sont situées sur la même génératrice du cylindre général. Si cette dernière disposition était adoptée, on n'obtiendrait qu'un enroulement spiralé dans un plan suivant ce que l'on appelle une spirale d'Archimède. Mais si l'on veut avoir une spirale en pas de vis, il faut placer les charnières elles-mêmes sur une ligne spiralée (*fig.* 55, 1, p. 93). Dans ces conditions, si l'on a tracé à la surface du cylindre articulé et primitivement droit une génératrice, quand on a enroulé la chaîne en spirale autour d'un support, on voit, pour ainsi dire, la ligne noire (*r*) précédente tourner autour de la spire : en *a b c*, nous la voyons en avant de nous ; en *d e* (et si nous imaginons l'axe transparent), nous la voyons encore de notre côté ; enfin, en *g*, *h* et *i*, nous ne la voyons plus. Par suite de l'enroulement même, le cylindre subit une torsion et, si nous imaginons que la spire tourne de gauche à droite, la torsion précédente s'effectuera de droite à gauche ; on dit qu'elle est antidrome.

M. Schwendener a calculé mathématiquement quelle doit être la valeur de cette torsion, si (au lieu de supposer que la spire articulée s'enroule autour d'un cylindre) elle s'attache autour d'un prisme à trois, à quatre, à cinq..., à vingt, à cent, à deux cents côtés. Il a trouvé ainsi, lorsque la spire fait un angle de 45 degrés avec l'horizontale :

Support ayant	Torsion pour une spire
3 côtés.	354° 36′
4 —	282° 8′
5 —	271° 50′
20 —	256°
200 —	254° 26′

On se rapproche donc ainsi de la limite vers laquelle tend la valeur de la torsion quand les prismes ont des côtés de plus en plus nombreux et tendent de plus en plus vers le cylindre.

En partant des considérations précédentes, M. Kolkwitz a cherché à déterminer expérimentalement les torsions qui se manifestent sur une tige de *Calystegia dahurica* qui s'enroule autour d'un axe ; il y est parvenu en piquant sur la plante une série de fines aiguilles (*a fig.* 57,3) primitivement sur la même génératrice dont il apprécie les déplacements angulaires à l'aide d'une lunette (*l*). Il s'est aperçu ainsi que la torsion trouvée expérimentalement est encore plus grande que celle calculée grâce à la méthode précédente de M. Schwendener (page 92).

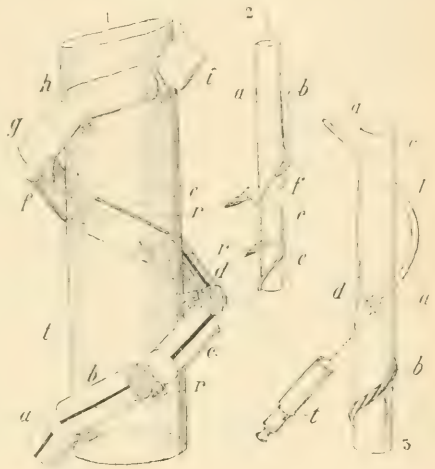


Fig. 55 à 57. — 1. Cylindre articulé simulant une plante s'enroulant en spirale autour d'une autre ; *a*, *b*, *c*, *d*, articles sur lesquels on voit progressivement la ligne noire *r*, génératrice du cylindre se déplacer progressivement ; sur cet article, le même trait *r* s'aperçoit par transparence à travers la tige *t* ; sur les articles *g*, *h*, *i*, le trait *r* ne se voit plus.

2. — *c*, support ; *e*, plante grimpante de *Calystegia* ; *a*, cylindre de papier mobile ; *b*, petit cadre métallique.

3. — *a*, *a*, aiguilles fixées sur la tige ; *l*, lunette servant à l'observation de ces aiguilles ; *c*, tige autour de laquelle se fait l'enroulement (d'après MM. Schwendener et Kolkwitz).

On peut d'ailleurs aisément expliquer ce résultat. Imaginons qu'un tube de caoutchouc creux serve de support et qu'on dispose autour un filament spiralé, fixé en un point *d* (*fig.* 57, 3). Si l'on vient à gonfler le tube *c* avec de l'eau, par exemple, de manière qu'il s'établisse un deuxième contact de la spirale avec l'axe vertical, par suite du gonflement, on voit alors la torsion primitive varier en conséquence de ce contact ; dès que le rapprochement de ces deux

parties cesse, la torsion supplémentaire précédente disparaît ; on vérifie ce résultat en visant avec une lunette (*l*, *fig.* 57) l'aiguille *a* qui est fixée sur le cylindre spiralé.

Les phénomènes que nous venons de décrire se passent normalement pour les plantes volubiles. Si nous examinons, en effet, la pointe de ces tiges, nous voyons qu'elle est d'abord libre, mais bientôt l'extrémité vient au contact du support et le végétal grimpant tient cet axe en deux points, comme si c'était entre le pouce et l'index. On met d'ailleurs clairement en évidence ces phénomènes si l'on fait enrouler le sommet d'une espèce volubile autour d'un cylindre de carton mobile (*fig.* 56, 2, p. 93) : le sommet de la tige exerçant une pression sur ce cylindre, celui-ci s'échappe de son étreinte; on obvie à cet inconvénient, si on a mis un cadre métallique (*b*) à l'axe support : l'éloignement du cylindre supérieur de papier est alors évité. L'expérience précédente montre donc que la pression n'a pas une valeur de faible importance et c'est au moment où la pointe de la tige vient s'appuyer sur l'axe support que la torsion primitive de la liane augmente. En résumé, soit par suite de l'enroulement, soit grâce à la pression qu'exerce la pointe sur le support, la tige des espèces volubiles subit de très fortes torsions qui doivent avoir une influence sérieuse sur la forme et sur la structure de ces végétaux.

Fig. 58.
Tiges de *Bauhinia*.

Les effets mécaniques des torsions que nous venons de décrire se traduisent souvent aux yeux de l'observateur par les aspects très spéciaux des plantes volubiles qui peuvent fréquemment ressembler à de grosses cordes tordues sur elles-mêmes. On peut se rendre compte de ce fait en examinant la tige de certaine liane enroulée autour d'une autre plante grimpante (fait mentionné par M. Kerner).

Aux actions que nous venons de décrire peuvent encore fréquemment se joindre des flexions, des tensions, etc., et les

transformations successives ou simultanées produites par ces forces combinées peuvent amener des modifications des tiges au premier abord presque inexplicables, comme celles qui se manifestent dans ce que l'on appelle au Brésil les *escaliers de singe* (*fig.* 58, p. 94). C'est dans le *Bauhinia blumenhaviana* que ces métamorphoses étranges se manifestent avec le plus d'intensité : la tige d'abord aplatie en un ruban ne tarde pas à se gondoler de manière à rappeler approximativement dans sa région médiane une courbe que les géomètres appellent sinusoïde.

Les aspects si singuliers que présentent ainsi les lianes ont dû certainement de tout temps frapper les observateurs, et particulièrement ceux qui attribuaient un sens mystique à tous les phénomènes naturels. Il est à noter, en effet, que chez beaucoup de peuples diverses plantes grimpantes ont joué un certain rôle dans les cérémonies religieuses. L'*Asclepias acida* paraît avoir servi, dès l'époque védique, à la confection du Soma, cette liqueur fermentée dont l'importance actuelle est encore si grande dans les cultes de l'Inde. Le lierre était en Grèce et à Rome, d'après Théophraste et Sénèque, la plante par excellence propre à engendrer le feu et tout semble indiquer que c'est son mode de vie qui avait contribué à la rendre sacrée (1).

Les déformations si remarquables que nous venons de décrire ont été à l'origine produites par les agents physiques extérieurs; dans beaucoup de cas d'ailleurs, nous voyons ces actions se manifester sous nos yeux : la plante, qui dans le jeune âge a une forme régulière et normale, se modifie peu à peu, au fur et à mesure que les forces mécaniques exercent leur action sur elle. Il est cependant des cas où ces changements se produisent spontanément comme si la plante gardait le souvenir des transformations subies par ses ancêtres. Ceci nous amène à nous demander si des modifications telles que celles qui viennent d'être mentionnées sont susceptibles de devenir héréditaires. Une recherche de M. de Vries va nous fournir des renseignements sur cette question.

(1) Dionysos, dit M. Fr. Baudry, « garde pour principal attribut l'ancien pramantha (un des arani, v. la note p. 34), le thyrse, verge de Ferule ou de Pin, entouré de *Lierre* ou de *Vigne* dont les feuilles à triple pointe sont encore les images de la foudre ».

Nous pouvons nous rendre compte aujourd'hui des procédés qui sont employés par la nature ou par l'homme pour rendre héréditaire un caractère nouveau. Grâce à la sélection, on peut arriver expérimentalement, avec une rapidité souvent merveilleuse, à des résultats tout à fait remarquables. M. Hugo de Vries a écrit dans ces derniers temps l'histoire d'une race présentant avec les plantes que nous étudions en ce moment un certain rapport, en ce sens que les individus qu'il a étudiés offraient des torsions tout à fait analogues de la tige ; la cause primitive de ces torsions est restée, il est vrai, inconnue.

En 1885, ce savant a observé accidentellement, au milieu d'un grand nombre de semis, l'existence de deux exemplaires à tige tordue du *Dipsacus silvestris*. L'origine de cette monstruosité était d'ailleurs absolument mystérieuse, il n'en a pas moins cherché à la fixer. Ces individus étant bisannuels (1), il dut donc attendre jusqu'en 1887 pour avoir des plantes nouvelles issues des graines données par les deux échantillons monstrueux précédents. Sur 1.643 exemplaires ainsi obtenus, il y en avait deux de tordus. Les torsions de l'un de ces végétaux s'observaient jusqu'au sommet ; celles de l'autre seulement sur la partie inférieure ; tous les deux étaient d'ailleurs tordus dans le même sens. En supprimant tous les *Dipsacus* du voisinage, et en laissant venir seulement les deux précédents à floraison, M. de Vries put avoir des graines dérivant soit d'une autofécondation, soit d'une fécondation croisée des types anomaux.

En 1889, à la troisième génération, M. de Vries choisit seulement les graines d'une des deux plantes monstrueuses précédentes, celle qui présentait les plus belles torsions. Les graines furent déposées sur quatre couches. Parmi un total de 1.616 échantillons, il remarqua 67 individus nouveaux tordus, ce qui faisait une proportion de 4.1 pour 100 de types aberrants. Le nombre des individus anomaux était variable suivant les couches et, sur une d'entre elles, il atteignait 7.6 pour 100. Dans certains cas, la torsion était à droite ; dans d'autres, à gauche.

Il prit encore les plus beaux échantillons comme supports

(1) Ce qui n'arrive pas d'ordinaire dans notre pays.

de graines, coupa les branches latérales et ne laissa croître que les inflorescences terminales. Pendant cette floraison, aucun autre exemplaire ne fut laissé en fleurs dans le voisinage, de façon à éviter l'intervention d'un pollen étranger.

A la génération suivante, il obtenait 10 pour 100 d'individus monstrueux. Il voyait donc ainsi les monstruosités se fixer de plus en plus.

L'idéal eût été de parvenir à obtenir 100 pour 100 d'individus anormaux. Ce résultat n'a pas été encore obtenu dans le cas actuel (1), mais des expériences faites sur des anomalies différentes ont conduit plusieurs fois à des transformations complètes. Un Pavot qui avait présenté un rang d'étamines métamorphosées en pistils a donné par triage, à la première génération, 6 pour 100 de plantes semblables; à la deuxième, 17 pour 100 : à la troisième, 27 pour 100 : à la quatrième, 69 pour 100 : à la cinquième, 97 pour 100 : enfin, à la sixième, l'hérédité était complète et la variété définitivement fixée.

Les faits que nous venons d'exposer nous apprennent comment une variation produite sous l'influence d'une cause déterminée, qui est d'ailleurs inconnue, se fixe progressivement par sélection. Mais on peut objecter, dans le cas qui vient de nous occuper, qu'il s'agit d'une torsion qui n'est en rien comparable à celles qui se produisent dans les lianes sous l'action des forces mécaniques.

Rien ne nous prouve, il est vrai, que les aplatissements, les torsions, les déformations des plantes grimpantes puissent être rapprochées des variations de même nature de la monstruosité étudiée par M. de Vries. Mais comment distinguer les modifications éphémères des êtres de celles qui sont susceptibles de devenir héréditaires ? Il est assez difficile de répondre d'une manière générale à une telle question : on sait cependant que les variations obtenues brusquement ne sont pas en général transmissibles à la descendance.

Si l'on porte d'une manière soudaine une culture d'une Bactérie du Charbon à une forte température, on peut bien obtenir ainsi une variété extrêmement importante au point de vue pratique, en ce sens qu'elle peut constituer un vaccin ; mais ce vaccin ne pourra être expédié au loin, parce qu'il n'est pas

(1) Tout récemment, M. de Vries a annoncé qu'il avait obtenu jusqu'à 40 pour 100 d'individus monstrueux.

stable. Pour qu'une modification d'un être soit susceptible de se transmettre, il faut qu'elle soit acquise peu à peu : une Bactéridie charbonneuse, qui est cultivée lentement au contact d'un antiseptique comme le bichromate de potasse ou l'acide phénique, modifie progressivement ses cellules de manière à donner d'abord une variété instable, puis une race de plus en plus fixée. Grâce à cette méthode, Pasteur et ses élèves, MM. Chamberland et Roux, ont fabriqué un vaccin que l'on a pu sans inconvénient expédier dans les colonies les plus lointaines, comme le Cap ou l'Australie.

Il y a donc tout lieu de penser que les variations produites dans les lianes sous l'influence de pressions, de torsions, de flexions doivent être rangées dans cette dernière catégorie de transformations, car elles sont obtenues d'une manière progressive. Nous allons d'ailleurs trouver, en examinant les modifications de la structure, des arguments sérieux qui plaident en faveur de cette manière de voir.

CHAPITRE IX

ANOMALIES DE LA STRUCTURE DES LIANES

Les déformations si étranges que nous venons d'examiner dans le chapitre précédent, — qui sont en relation d'une manière indiscutable, au moins dans certains cas, avec les forces mécaniques qui exercent leur action sur les plantes, — ne peuvent pas manquer évidemment d'avoir un contre-coup sur la structure interne de ces végétaux. Cette idée très simple, et qui paraît toute naturelle, n'a cependant pas été admise complètement jusque dans ces derniers temps ; les remarquables recherches de M. Scheuck sur l'organisation anatomique des lianes nous permettent heureusement de résoudre aujourd'hui cette question qui est de la plus haute importance, car elle touche au problème capital de la fixation des caractères acquis.

On sait depuis longtemps que c'est parmi les lianes exotiques que se trouvent les anomalies les plus nombreuses et les plus singulières de la structure, mais on a longtemps refusé, pour plusieurs raisons qui sont assez spécieuses, d'y voir le résultat du mode de vie de ces végétaux. La première, c'est que beaucoup de plantes grimpantes ont une structure régulière ; la seconde, c'est que plusieurs plantes dressées sans support, qui ne s'accrochent pas à leurs voisines, ont, au contraire, une organisation anomale. Il est même des cas, et il faut avouer ici que l'objection paraît tout à fait grave, où dans un genre les espèces grimpantes sont normales et les espèces dressées anomales par exemple dans certaines Ménispermacées).

Ces objections et la variété presque indéfinie des anomalies qui s'observent chez les lianes peuvent nous dérouter tout

d'abord et nous faire penser que les innombrables variations de la structure de ces plantes doivent être considérées comme des phénomènes sans cause ; mais nous sommes maintenant bien familiarisés avec cette idée qu'il y a toujours des lois sous l'amoncellement des faits et qu'il est peu vraisemblable d'admettre qu'il ne doit pas y avoir de formule générale pour les relier entre eux. Même quand nous ne connaissons pas le mot qui explique l'énigme, nous devons admettre qu'il en existe un, et une hypothèse, nous l'avons déjà dit, mérite toujours d'être accueillie : les faits seuls ne constituant pas la science. Dans le cas actuel, nous croyons que l'explication de M. Schenck non seulement relie entre eux une multitude d'observations éparses, mais lève les objections précédentes ; elle permet de relier le cas des plantes grimpantes à ceux des végétaux aquatiques, souterrains, arborescents, épiphytes, parasites, saprophytes, halophytes, etc.; or les types d'organisation de ces êtres nous sont maintenant expliqués, au moins quant à leurs traits généraux.

Quand nous examinons l'ensemble des plantes qui végètent dans un milieu déterminé, nous trouvons évidemment au premier aspect une multitude de formes de structure. Si nous envisageons notamment le milieu aquatique, dont l'action est bien indiscutable, que de termes de transition ne pouvons-nous pas signaler entre la morphologie interne des plantes franchement aériennes et celle de végétaux complètement submergés ; même si nous étudions ces derniers représentants de la vie aquatique, que de modifications encore si l'eau est profonde ou basse, si les courants sont rapides ou non, si l'aération s'opère aisément ou difficilement, si les êtres sont fixés ou flottants !

Y a-t-il donc lieu de s'étonner de trouver un grand nombre de plans d'organisation parmi les plantes grimpantes ? Cela ne prouve-t-il pas tout simplement qu'à l'heure actuelle il existe de nombreux stades marquant l'adaptation progressive à ce mode spécial de vie. Nous justifierons d'ailleurs aux chapitres suivants cette manière de voir par l'étude de la différenciation et du perfectionnement progressif des végétaux actuellement vivants qui s'appuient, se fixent, s'enroulent et s'accrochent aux supports par les procédés les plus variés.

Ne peut-il pas y avoir d'abord des plantes grimpantes très

peu différentes des végétaux dressés, comme il y a des végétaux aquatiques qui sont presque entièrement aériens? S'il en est ainsi, l'objection formulée plus haut, tirée de la considération des végétaux grimpants ayant une structure normale, est donc sans valeur.

Quand une plante grimpante est éphémère, quand sa tige reste jusqu'à la fin herbacée, bien souvent elle n'a pas le temps de vieillir assez pour être profondément modifiée par les agents mécaniques qui agissent toujours lentement sur elle : elle gardera donc jusqu'au bout une structure normale. Lorsqu'il s'agit d'une plante susceptible de vieillir, si le procédé qu'elle emploie pour s'élever sur les supports lui évite les pressions, les torsions et les flexions, il n'y a pas de raisons pour qu'elle présente des anomalies. L'adaptation à la vie grimpante ne se manifeste, dans ce cas, que par le large calibre des vaisseaux. C'est ce qui s'observe notamment pour le Lierre, qui, bien que ligneux, présente une tige toujours cylindrique et un bois régulier: étant attachée au mur par les racines crampons, cette plante est soustraite par cela même aux actions mécaniques qui modifient le plus souvent les lianes tropicales. Ce type d'organisation est celui qui a été signalé par M. Schenck pour les Rosiers, les Jasmins, les Chèvrefeuilles, les Morelles et quelques espèces tropicales de la famille des Sapindacées (*Paullinia*), Magnoliacées (*Kadsura*) et Malpighiacées (*Hiptage*, *Tetrapteris*).

Pourquoi le calibre des vaisseaux est-il si grand ? Cela doit tenir à plusieurs raisons. En premier lieu, la plante étant étiolée d'une part et soutenue de l'autre ne forme pas de fibres ou du moins ne développe son système de soutien que d'une manière faible; l'activité du végétal peut donc s'employer à former surtout des vaisseaux. En second lieu, les fibres n'existant peu ou point n'opposent pas d'obstacle à l'expansion des éléments vasculaires; comme dans ceux-ci circule une grande quantité de sève, on conçoit qu'ils aient une tendance à s'élargir et à devenir très volumineux. C'est d'ailleurs une propriété commune à toutes les lianes d'avoir de grands vaisseaux, résultat qui a été nettement mis en évidence par les recherches de M. Hérail.

Quelques chiffres nous convaincront à cet égard. Si nous comparons, par exemple, le diamètre des vaisseaux de

deux plantes de la famille des Palmiers, le *Mauritia armata* et un *Calamus Draco*, nous trouvons dans le premier cas $0^{mm},280$ pour le diamètre des vaisseaux et dans le second cas $0^{mm},562$; or la première plante est un arbre, la seconde une liane. Très communément le diamètre des vaisseaux dans les plantes dressées est environ de $0^{mm},1$; par contre, les chiffres suivants nous donnent une idée de l'amplitude des conduits où circule la sève chez les plantes grimpantes :

Mucuna altissima.	$0^{mm},600$
Cissus sulcicaulis.	$0^{mm},580$
Stigmatophyllum acuminatum. . .	$0^{mm},500$
Fragariopsis scandens.	$0^{mm},500$

Grâce à ce large calibre des vaisseaux, malgré la faible épaisseur des lianes, il peut circuler dans les tiges de ces plantes une quantité très importante de liquide qui sert à leur nutrition. Leur bois demeure très longtemps en fonction, les thylles n'obstruent pas la cavité des conduits ; les vaisseaux constituent donc une sorte de réservoir d'humidité qui entretient la vie des cellules parenchymateuses. Cette manière de voir semble d'ailleurs confirmée par ce fait que des tronçons de lianes restent très longtemps vivants après leur séparation de la tige mère.

Un stade plus avancé dans l'accommodation au mode grimpant de vie nous est offert par les végétaux chez lesquels les rayons médullaires élargis séparent les faisceaux ligneux allongés et aplatis en palettes. Cette disposition favorise évidemment les déplacements de ces lames lignifiées et homogènes lorsque la tige est tordue ; elle ne constitue, en somme, qu'une légère modification de la structure normale. On l'observe chez les Aristoloches (*fig.* 59, p. 103), les Cucurbitacées (*Trichosanthes*), les Clématites, les Vignes et enfin chez diverses Ménispermacées (*Menispermum*, *Cissampelos*).

Une expérience de M. Schenck justifie l'hypothèse que nous venons d'énoncer d'après laquelle la structure précédente contribue puissamment à permettre les déplacements latéraux des faisceaux. Il soumet une tige d'Aristoloche à de fortes torsions et il remarque que cet organe supporte impunément celles qui atteignent 13 et même 17 tours de circonférence, tandis qu'un rameau de Tilleul, déjà fendu au troisième tour,

meurt quand l'action devient plus forte. La structure du Tilleul nous permet de suite de dire pourquoi cette plante est si profondément altérée par le traitement que nous venons de décrire : ses rayons médullaires très-étroits et très fortement lignifiés sont incapables de supporter les torsions que subit sans inconvénient l'Aristoloche, parce que ses rayons médullaires sont beaucoup plus larges (*fig.* 59) et ne sont pas lignifiés ou le sont moins. Si quelques-uns des éléments de ce tissu sont déchirés, par suite de la trop grande puissance des forces mécaniques précédentes, la plante n'en souffrira que faiblement, car tous les éléments non lignifiés sont formés de cellules vivantes qui prolifèrent bientôt pour cicatriser les blessures et combler les vides.

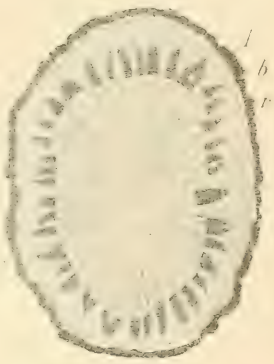


Fig. 59. — Coupe transversale dans une tige d'Aristoloche : *r*, larges rayons médullaires séparant les faisceaux libéro-ligneux, *l*, *b*.

Une expérience prolongée confirme d'ailleurs cette manière de voir, car une tige d'Aristoloche, qui a été maintenue à l'état de forte torsion pendant deux ans, a présenté une déformation très marquée du cercle normalement régulier des faisceaux libéro-ligneux; et, en certains points, les rayons médullaires se sont considérablement accrus pour permettre la distension des deux groupes conducteurs voisins.

Cette étude révèle une autre variation qui ne s'observe pas normalement dans les tiges de l'Aristoloche, parce que cette espèce ne subit pas dans la nature des torsions aussi fortes que dans l'expérience de M. Schenck. En certains points, là où les tractions ont été très grandes, il s'est produit deux rangées de faisceaux libéro-ligneux : le cercle unique a été pour ainsi dire disjoint. Ce résultat est très instructif, car il nous permet d'entrevoir l'origine des anomalies de la structure de beaucoup de lianes équatoriales.

La plupart des irrégularités d'organisation que l'on observe dans les plantes grimpantes sont subordonnées à la nécessité où elles se sont trouvées de s'accommoder aux torsions, aux flexions, aux tensions : elles ont dû se modifier profondément

de façon à pouvoir s'élargir en certains points, à se comprimer en d'autres, sans qu'il en résulte d'inconvénients graves pour leurs tissus. C'est pour cela que le parenchyme non lignifié est si développé au milieu du bois, de façon à se prêter à toutes les modifications de cette nature.

Dans l'Aristoloche il n'y a que des bandes de parenchyme radial, mais elles ne suffisent plus pour d'autres espèces, il apparaît des lames de parenchyme non lignifié dans une direction perpendiculaire à la précédente. Les palettes constituées par les faisceaux primaires sont découpées à leur tour, c'est ce qui arrive notamment dans les *Cissus*.

Dans d'autres cas, le même résultat sera atteint par la prédominance du tissu libérien, qui restant mou s'accommode comme le parenchyme non lignifié à toutes les actions mécaniques. C'est ainsi que dans les *Bignoniacées* il se produit dans le bois des encoches libériennes qui s'élargissent de plus en plus à mesure que la tige vieillit, de sorte que tout se passe comme si ces espèces avaient de très larges rayons médullaires (*fig.* 60, p. 104).

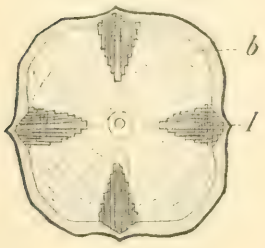


Fig. 60. — Coupe dans une tige de *Bignonia*, *b*, bois ; *l*, liber qui s'élargit progressivement.

Chez les plantes précédentes, l'assise génératrice libéro-ligneuse cesse par places de donner du bois et n'engendre plus que du liber sur ses deux faces ; mais, comme cette modification s'opère constamment dans les mêmes régions, le liber demeure toujours en dehors du système ligneux. Imaginons qu'après avoir produit sur ses deux faces du liber l'assise génératrice redevienne normale, on aura alors du liber inclus dans le bois. C'est là une anomalie qui s'observe chez beaucoup de plantes grimpantes appartenant aux familles les plus diverses : *Mucuna* (Papilionacée), *Pusaetha* (Mimosacée), *Dicella* (Malpighiacée).

Dans les cas que nous venons de mentionner, l'inclusion du liber dans le bois a lieu sans que la position de l'assise génératrice libéro-ligneuse normale soit modifiée, mais il peut arriver que le même résultat soit atteint par un procédé tout à fait différent.

Dans la tige du *Strychnos*, en certains points, l'assise génératrice cesse de donner du bois à l'intérieur, elle ne fournit plus que du liber; à côté, au contraire, elle fonctionne normalement. Il en résulte que l'anneau ligneux, à contour nettement arrondi au début, présente une série de dents saillantes de nature ligneuse. Mais bientôt une assise génératrice nouvelle apparaît entre les bords de deux dents voisines, de façon à emprisonner le liber qui se trouve dans la partie rentrante; cet arc générateur se relie à l'assise normale, et sur toute la circonférence on a ainsi une assise génératrice régulière qui donne de nouveau du bois à l'extérieur, du liber à l'intérieur. Il en résulte qu'on a des îlots de liber inclus dans le bois (1).

Fig. 61. — Coupe d'une tige de Ménispermacée; *a*, bois; *b*, liber.

Nous venons de signaler ici l'existence d'arcs supplémentaires de l'assise génératrice se formant localement à la périphérie du liber. Grâce à ce mécanisme, une faible quantité de tissu mou se trouve englobé dans le bois; ce procédé peut être généralisé : si l'assise génératrice nouvelle s'étend sur tout le pourtour de la tige, elle y servira à l'inclusion d'un fourreau complet de tissu peu résistant au milieu de tissu plus dur. C'est là un processus très communément employé par les plantes grimpantes. L'assise génératrice primitive cesse de fonctionner et l'on voit apparaître dans l'écorce primaire (Ménispermacées) des cercles

(1) Doit-on regarder ces anomalies comme dues à la vie grimpante? On est tenté de l'admettre dans le cas des *Mucuna*, *Pusaetha* et *Discella*. Il est prudent d'attendre avant de généraliser pour le *Strychnos* que des recherches expérimentales plus approfondies aient élucidé cette question. Néanmoins un essai expérimental de M. Schenck sur le *Periploca* semble indiquer que l'on peut provoquer par des torsions l'apparition d'un liber inclus dans le bois. Il est d'ailleurs possible que des structures semblables soient, dans certains cas, le résultat de causes différentes (*Memecylon*, *Mouriria*).

successifs de faisceaux nouveaux (*fig.* 61, p. 105). La dislocation du bois est donc atteinte ici par un mécanisme très différent, mais le résultat est le même, qui est de faciliter les torsions de la tige ou de permettre à cet organe de s'aplatir contre les supports.

L'étude du développement d'une plante de la catégorie précédente peut d'ailleurs être très instructive au point de vue de l'origine des anomalies. Si on examine, comme l'a fait M. Leclerc du Sablon, l'organisation d'une Glycine, on voit qu'au début la tige est normale, ce qui ne doit pas étonner, puisque la vie grimpante n'est pas encore accusée ; on sait en outre que les stades jeunes du développement d'un être s'accordent avec la structure de ses ancêtres : si ceux-ci ont été dressés, il est tout naturel que la structure primitive soit une structure régulière. Parmi les rameaux de la plante, on en distingue de deux sortes : les uns sont à entre-nœuds courts, à croissance lente, et ils ne sont pas volubiles ; n'étant pas destinés à s'enrouler autour des supports, ils ont toujours une structure normale ; les autres branches sont à entre-nœuds longs, à croissance très rapide et les anomalies de la tige s'accordent avec leur volubilité. L'action de pression du support se manifeste d'ailleurs très nettement pour ces derniers rameaux, car non seulement la tige s'aplatit parallèlement au support, mais l'assise génératrice cesse de fonctionner sur les faces pressées et c'est seulement sur les côtés non comprimés qu'apparaissent les faisceaux corticaux surnuméraires. En somme, sur des tiges encore jeunes, il y a un rapport constant entre les anomalies et l'enroulement ; sur les tiges très âgées, il est vrai, même sur les parties non enroulées, les structures anomales peuvent se montrer, mais cela tient évidemment à ce que les caractères héréditaires s'accusent de plus en plus au fur et à mesure que ces organes vieillissent ; nous ne devons pas être surpris de ce fait, puisque nous savons que c'est un résultat général.

Grâce au fil conducteur qui nous a permis jusqu'ici de rattacher toutes les anomalies que nous venons de décrire à un seul processus primordial, nous pouvons maintenant entrevoir l'origine du plus grand perfectionnement de structure qui ait été réalisé au point de vue des adaptations qui nous occupent : on l'observe chez quelques lianes de la famille des Sapin-

dacées. La scission des éléments résistants de la tige est ici préparée dès l'origine : on trouve des corps ligneux fortement individualisés s'épaississant chacun pour leur compte, et qui sont quelquefois tous égaux (*fig.* 62, *a*).

Il s'agit, dans ce cas, de plantes très anciennement adaptées à la vie grimpante et on ne peut entrevoir que difficilement par quelles séries de métamorphoses elles sont arrivées à la structure extraordinaire que nous observons aujourd'hui. Leur organisation est d'ailleurs si bien devenue héréditaire que ces végétaux peuvent cesser de grimper tout en gardant leur structure anomale.

Ce fait mérite d'être examiné avec soin, car il pourrait être considéré comme une objection à la théorie que nous exposons, tandis qu'il nous fournit, au contraire, une preuve que nous considérons comme décisive. Le *Serjania erecta* (*fig.* 66) est une plante dressée qui croît dans les savanes voisines des forêts vierges et qui, malgré ce mode d'existence, présente plusieurs corps ligneux distincts comme dans toutes les espèces voisines grimpantes (*S. clematidifolia*, *S. polyphylla*) ; on peut remarquer cependant une tendance vers une structure plus régulière, car le nombre des cordons ligneux devient beaucoup plus faible. M. Schenck interprète cette organisation en disant qu'il s'agit ici d'une espèce échappée de la forêt vierge, qui était autrefois grimpante, mais qui a perdu cette propriété en croissant en plein soleil. Il a d'ailleurs trouvé un argument très sérieux en faveur de cette manière de voir, car il existe à la base de l'inflorescence deux petites vrilles, qui sont absolument sans utilité pour la plante et qui indiquent seulement qu'elle dérive d'espèces qui grimpaient. Par la présence de ces organes rudimentaires aussi bien que par l'anomalie de sa structure, l'origine de cette plante se révèle par conséquent avec la plus grande netteté.

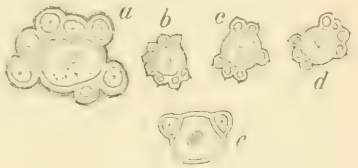


Fig. 62 à 66. — *a*, *b*, *c*, *d*, divers aspects de la tige du *Serjania clematidifolia* ; *e*, section de la tige du *Serjania erecta* (d'après M. Schenck).

Cette espèce nous fournit donc un argument irréfutable en faveur de la persistance des caractères acquis, même

quand les conditions qui les ont fait naître se trouvent modifiées (1).

Il nous reste en terminant cette étude un peu longue, mais en somme extrêmement instructive, à signaler des phénomènes de convergence qui s'observent chez des plantes extrêmement éloignées, appartenant à des familles très différentes comme les *Mezia* (Malpighiacées), le *Bauhinia* (Cesalpiniées) et le *Serjania piscatoria* (Sapindacées) au point de vue de la structure de la tige : il suffira de jeter un coup d'œil sur les figures 67 et 68 pour se convaincre des analogies singulières de l'organisation de ces végétaux. L'origine de ces étranges déformations est toujours la même, ce sont les pressions, les torsions, en un mot les agents mécaniques qui ont provoqué une expansion énorme du parenchyme non lignifié primitif (2) et ont causé la dissociation des éléments ligneux qu'on observe sur ces figures.

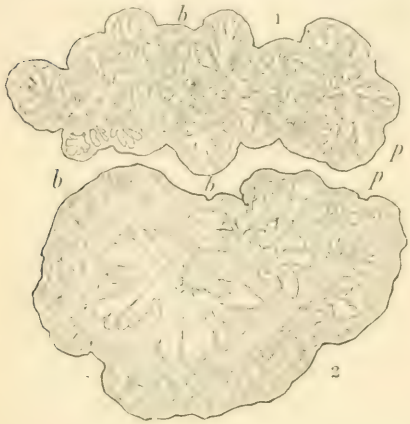


Fig. 67 et 68. — 1. Coupes dans une tige de *Bauhinia Langsdorffiana*. — 2. Coupe dans une tige de *Serjania piscatoria* (d'après M. Schenck).

1) Il serait peut-être possible d'expliquer de la même manière des faits assez singuliers de même ordre qui se rapportent aux Ménispermacées. La plupart de ces plantes tropicales sont à tiges grimpantes. Il y a cependant parmi elles des espèces dressées, arbres (*Cocculus laurifolius*) ou arbustes. La tige des espèces grimpantes présente une série de cercles libéro-ligneux concentriques ou irrégulièrement disposés de façon à constituer des ailes simples (*fig.* 61, p. 105) ou doubles ; il y a cependant parmi les espèces grimpantes des types qui ont la structure normale, ce qui ne nous surprend pas, puisqu'elles restent herbacées. D'autres espèces, bien que dressées, comme le *Cocculus laurifolius*, ont cependant une structure anomale. L'hypothèse d'après laquelle cette particularité serait due à ce que cet arbre dérive de plantes grimpantes anomales acquiert un certain degré de vraisemblance si nous tenons compte des résultats précédents.

(2) Si cette dilatation devient trop forte, la solidité de la tige peut être compromise, et pour remédier à ce grave inconvénient il apparaît dans

Lorsque des plantes éloignées offrent de pareilles similitudes, on peut sans hésitation les attribuer à un mode d'existence semblable ; de pareilles convergences ne peuvent pas être fortuites. D'ailleurs on les observe partout dans la nature : une Monocotylédone submergée ressemblera à une Dicotylédone aquatique, comme une Euphorbiacée désertique aura l'aspect d'une Cactée qui croît dans les régions privées d'eau. On pourrait être tenté de dire que, si l'action du milieu était si profonde, toutes les espèces qui vivent dans le même milieu devraient se ressembler et que le règne végétal devrait se réduire à une plante aérienne, une plante souterraine, une plante aquatique. C'est là, il faut avouer, une objection assez humoristique, qui a le tort de négliger la variété indéfinie des combinaisons des forces cosmiques, de supprimer l'histoire et d'oublier que l'hérédité acquise sous l'influence du milieu ne peut plus être modifiée par lui.

ce parenchyme non lignifié du bois des cordons libéro-ligneux tertiaires qui servent à le consolider. Les *Stigmatophyllum* (Malpighiacées) nous offrent un bel exemple d'une pareille structure.

CHAPITRE X

PLANTES ÉTAYÉES, A CRAMPONS ET VOLUBILES

Les variations si nombreuses que nous venons de signaler dans l'organisation interne des lianes tiennent bien souvent à ce que les plantes grimpantes emploient des procédés extrêmement divers pour s'élever jusqu'à la partie supérieure de la forêt. Une tige qui s'appuie seulement sur les arbustes du sous-bois ne subit évidemment pas les mêmes réactions mécaniques que celle qui s'enroule autour des arbres ou qui s'accroche aux branches. Il y aurait lieu de déterminer, dans chaque cas particulier, la nature des forces qui entrent en jeu pour modifier la structure, mais jusqu'ici cette recherche n'a pas été faite.

La multiplicité des types de lianes tient, en grande partie, à ce que les plantes diverses que nous examinons sont actuellement à des stades très différents de l'adaptation à la vie grimpante. Il est des végétaux accommodés depuis un très grand nombre de générations à ce mode d'existence, et chez eux nous trouvons des organes fortement différenciés, dont le rôle dans la fixation ne peut pas être un instant mis en doute. C'est dans ce groupe que doivent se ranger les plantes à vrilles, les espèces volubiles ou les types à crampons fixateurs. Mais il est une autre catégorie de formes dans lesquelles nous n'observons aucune division du travail, ce sont évidemment les êtres les plus récemment adaptés, aussi ne devrons-nous pas être surpris de constater qu'on observe parmi ces derniers végétaux les plus fréquents retours à un autre mode de vie.

Nous étudierons donc successivement, dans l'ordre de la différenciation croissante :

1° Les plantes *étayées*, qui s'appuient seulement sur les branches :

2° Les plantes *à crampons*, qui se fixent par des racines modifiées ;

3° Les plantes *volubiles*, qui s'enroulent autour des supports ;

4° Les plantes *à vrilles*, qui s'accrochent à l'aide de longs filaments grêles à tout ce qui les entoure.

I. **Plantes étayées.** — Les lianes étayées sont, parmi les espèces grimpantes les moins différenciées, celles qui nous présentent le premier stade de l'évolution. Les formes plus caractérisées de la vie grimpante ont pu dériver d'anciens représentants de ce groupe, et il est certaines espèces comme le *Solanum Dulcamara* qui, encore à l'heure actuelle, présentent suivant les cas des types dressés, des types étayés et des types volubiles.

Les phénomènes de retour à la vie dressée ou rampante que nous avons signalés dans un chapitre précédent (1) ont tous été empruntés à des espèces qui prennent place dans la première catégorie des plantes grimpantes, résultat qui est tout à fait naturel s'il s'agit d'espèces qui n'ont pris que depuis peu de générations l'habitude de grimper.

D'ailleurs il ne faudrait pas croire qu'il n'y ait pas divers degrés de perfectionnement dans ce groupe même. Il y a lieu notamment d'y distinguer les formes qui s'appuient simplement sur les supports de celles qui présentent quelques particularités d'organisation leur permettant de s'accrocher aux arbres et constituant pour elles un avantage incontestable au point de vue de la fixation.

Tantôt, comme dans les lianes du genre Bambou (*fig.* 54, p. 89), on observe de courtes branches rigides résultant d'un développement limité d'un certain nombre de bourgeons à l'endroit des nœuds qui constituent des appendices servant à saisir les objets qui se trouvent dans le voisinage. Tantôt, comme dans les Ronces, les Rosiers, le Grateron (*Galium aparine*), ce sont des épines qui permettent à la plante de se fixer après les tuteurs les plus divers.

(1) Pages 84 et 85.

Ce dernier cas s'observe chez des plantes très éloignées, et les aiguillons ou crochets ont les origines les plus diverses. Rien n'est plus singulier que de voir, dans les forêts calcaires et peu humides du Brésil, une Cactée, le *Peireskia aculeata*, grimper aux arbres en s'accrochant à l'aide d'épines; après la chute des feuilles, il sort de leur aisselle un coussinet couvert d'aiguillons longs qui, d'après M. Gœbel, sont autant de feuilles transformées. Si l'on vient, en effet, à couper le sommet de la tige d'un *Peireskia grandifolia*, la pousse axiale se développe et, à la place des appendices piquants, on a des feuilles qui sont disposées dans le même ordre.

Fig. 69. — Feuille de Palmier grimpant. *p*, pétiole; *f*, foliole; *b*, *c*, *d*, *e*, folioles transformées (d'après M. Treub).

Les aiguillons qui servent aux *Calamus* ou Rotangs à se fixer aux feuilles des arbres sont d'une autre nature. Il y a lieu de distinguer, à ce propos, quatre types d'espèces de Palmiers-lianes qui prédominent d'ailleurs dans des contrées du globe très éloignées, marquant ainsi que l'évolution s'est opérée dans ces divers pays suivant des directions très différentes. Dans les Raphiées, qui habitent l'ancien continent, c'est le pétiole qui se prolonge en un long fouet portant de nombreux et fins crochets; quelquefois toutes les feuilles sont ainsi pourvues d'un flagellum, mais plusieurs espèces n'en présentent point sur les premiers organes formés. Dans d'autres cas, l'adaptation s'est produite dans un tout autre sens, ce sont les tiges qui se sont métamorphosées ainsi

en fouet : c'est ce qui s'observe pour le *Calamus extensus* qui habite encore l'ancien monde. Dans le nouveau continent, nous rencontrons, au contraire, deux autres types de Palmiers grimpants : ceux qui n'ont aucun organe différencié et qui s'appuient simplement sur les branches des arbres, grâce à leur pétiole qui est orienté vers le bas, ce sont les Moréniées ; ceux enfin qui, comme les Bactridées dont les *Desmuncus* peuvent nous servir de type, ont des folioles disposées en crochet vers le bas de manière à constituer de véritables harpons qui permettent à ces végétaux de se fixer très solidement à tous les objets voisins (*fig.* 69, p. 112).

Cet exemple des Palmiers est, on le voit, très instructif, car il montre comment en des points très différents du globe les adaptations à la vie grimpante se sont produites par des procédés très différents : là ce sont des tiges florales, ici ce sont des feuilles qui ont été changées en organes de préhension, et ces transformations devenues héréditaires sont assez importantes pour permettre de caractériser quatre tribus nettement distinctes. On entrevoit donc bien, dans ce cas, comment les conditions d'existence ont présidé à l'évolution des groupes végétaux.

Dans les plantes qui viennent d'être examinées, les tiges et les feuilles se modifient et se transforment en organes fixateurs ; la racine peut subir à son tour des altérations de même ordre, ainsi qu'on peut l'observer dans les lianes à racines crampons.

II. Plantes à crampons. — C'est à cette catégorie de lianes que se rattachent les *Tecoma*, ces Bignoniacées qui avaient fait l'admiration de Gœthe au jardin botanique de Padoue, lors de son voyage d'Italie, en 1787. L'aspect magique d'une de ces plantes (1), « dont les rouges campanules tapissaient une haute muraille qui paraissait tout en feu, » lui fit comprendre la végétation exotique. « Si j'étais de dix ans plus jeune, écrivait-il à Keeble le 18 août 1787, j'aurais entrepris de faire un voyage aux Indes, non pour découvrir quelque chose de neuf, mais pour voir les choses d'après ma méthode. » Il est regrettable qu'il n'ait pas pu réaliser ce projet, car la

(1) Il l'appelle *Bignonia radicans*, en réalité c'est le *Tecoma grandiflora*.

science en eût tiré grand profit : la magnifique végétation des tropiques aurait certainement fait naître en son esprit la pensée de généraliser la théorie de la métamorphose. Bien que la flore tropicale lui soit toujours demeurée inconnue, le souvenir du *Tecoma* s'est fixé dans sa mémoire, et, lors de son retour à Weimar, il fit cultiver cette plante curieuse dans le jardin du grand-duc dont il était le ministre ; on retrouve dans un traité non publié intitulé *Vorarbeiten zu einer Physiologie der Pflanzen* la trace des observations qu'il a faites sur cette espèce qui l'impressionna si vivement en Italie.

La transformation singulière des racines pouvait lui paraître, en effet, très suggestive. Ces organes, qui d'ordinaire servent à puiser dans le sol les sucs qui doivent nourrir le végétal, sont ici déviés complètement de leur rôle, et ils ne servent plus qu'à fixer la plante aux supports.

En général, les espèces qui sont rangées dans ce deuxième groupe de lianes présentent deux formes de feuilles et deux sortes de branches. Comme l'a autrefois montré Sachs pour le Lierre, les tiges fixées au mur sont plagiotropes, c'est-à-dire ont deux faces différenciées, une tournée vers l'ombre et l'autre tournée vers la lumière ; le premier côté porte les racines, le second les feuilles qui sont disposées sur deux rangs. Quand la tige arrive en haut du mur, on y distingue des branches orthotropes qui, dressées verticalement, portent des feuilles orientées dans toutes les directions. Les formes des feuilles de ces deux catégories de tiges sont d'ailleurs différentes : les unes sont profondément lobées ; les autres, au contraire, entières.

Ce dimorphisme foliaire est d'ailleurs très commun dans les plantes qui nous occupent, et les modifications dans les formes des feuilles s'opèrent toujours dans le même sens. Dans les Poivriers comme dans les *Marcgravia*, les feuilles appliquées contre l'arbre qui sert de support sont en forme de cœur, tandis que les feuilles des branches libres sont entières et non échancrées.

On a cherché quelle pouvait être l'origine d'une pareille différenciation de forme. M. Kerner von Marilaun a été conduit à penser que c'était encore à la lumière qu'il fallait attribuer une pareille métamorphose. La radiation lumineuse a d'ailleurs une influence très grande sur les pousses de ces plantes, et c'est elle qui en détermine la polarité.

Si l'on vient à placer verticalement une branche de Lierre que l'on a attachée à un bâton, on voit l'extrémité s'incliner rapidement de manière à fuir la lumière. Ceci se produit quelle que soit la face que l'on oriente vers la source lumineuse, et, si l'on tourne vers cette dernière le côté qui produit les racines, on voit que sur la branche horizontale les racines naissent sur la région primitivement opposée de la tige. C'est donc bien la lumière qui a créé la dissymétrie de cet organe et il se peut très bien que ce soit elle aussi qui ait contribué à modifier la forme des feuilles de manière que, grâce à ce qui a été appelé la disposition en mosaïque, elles se recouvrent aussi peu que possible les unes les autres, afin de bénéficier toutes également de la lumière affaiblie qui leur parvient. Sur les tiges qui ne s'appuient plus sur les supports, la différenciation de deux faces n'a plus de raison d'être et la branche devient orthotrope, elle ne porte plus de racines et ses feuilles, orientées dans toutes les directions, peuvent reprendre leur forme primitive.

Le second cas de plantes grimpantes forme encore un stade de transition pouvant conduire à des types très différents d'adaptation. On y observe souvent des passages aux plantes épiphytes. On en cite des exemples notamment parmi les Aroïdées (*Heteropsis salicifolia*, *Monstera pertusa*).

Si nous imaginons que la partie inférieure de ces végétaux vienne à mourir, la liane sera transformée en une véritable plante aérienne qui pourra continuer à vivre ainsi grâce aux longues racines qui pendent et qui viennent chercher dans le sol la nourriture qui leur est nécessaire.

Les lianes à racines crampons peuvent également diverger vers les plantes grimpantes plus perfectionnées. Il n'est pas rare de rencontrer des végétaux présentant les organes de fixation précédents et malgré cela leurs tiges sont susceptibles de s'enrouler autour des supports, c'est ce qui s'observe notamment chez l'*Hoya macrophylla* qui est une Asclépiadée d'Australie.

III. Plantes volubiles. — Le caractère de la volubilité que nous venons de mentionner constitue une adaptation beaucoup plus parfaite à la vie grimpante que celles que nous avons décrites jusqu'ici, aussi s'observe-t-il chez un assez grand nombre de végétaux. Grâce au phénomène de nutation, les

plantes qui s'enroulent autour des supports les étreignent solidement et bénéficient le plus souvent de la verticalité des tuteurs pour gagner très rapidement la lumière qui leur permet de fleurir.

Nous avons vu que l'étiolement contribue à faire naître cette volubilité chez certaines espèces qui, en pleine lumière, ne présentent jamais une pareille propriété. Dans une expérience que nous avons rapportée plus haut (p. 89), nous avons vu que l'enroulement ne se manifeste pas toujours dans le même sens, et nous en avons conclu que les espèces qui, dans la nature, nous présentent une pareille inconstance dans la rotation sont des végétaux en train de devenir volubiles.

On peut observer d'ailleurs assez souvent des plantes qui s'enroulent ou ne s'enroulent pas suivant les conditions dans lesquelles elles croissent. En dehors de la Douce-amère qui peut s'appuyer ou s'enrouler autour des espèces voisines, nous pouvons citer le Dompte-venin (*Vincetoxicum officinale* et *nigrum* qui d'ordinaire reste droit parce que sa tige est trop rapidement lignifiée, mais qui peut, dans certaines localités favorables, devenir volubile. Darwin mentionne également deux Asclépiadées de l'Afrique australe du genre *Ceropegia*, qui dans leur pays ensoleillé et sec croissent verticalement et atteignent 15 à 65 centimètres de haut, tandis qu'à Dublin (1) elles s'enroulent régulièrement autour des tuteurs et deviennent beaucoup plus longues (2).

Chacun a pu d'ailleurs constater en promenade que le Liseron est étalé dans les parties découvertes, il s'enroule au contraire autour des chaumes quand il vient à pousser dans les Blés : il est alors susceptible d'atteindre une assez grande taille par suite de l'isolement.

La qualité nouvelle de s'enrouler autour des supports, une fois acquise par une espèce, est susceptible de se fixer héréditairement. Les agriculteurs le savent parfaitement, car ils possèdent des races de Haricots nains qui restent dressés et bas et des races de Haricots de gaule qu'ils font grimper autour de hautes perches.

(1) Il serait intéressant de voir si l'humidité intervient pour produire l'enroulement.

(2) D'après M. Marc, le *Mühlenbachia ribesioides* peut donner des pousses dont les unes s'enroulent à droite et les autres à gauche.

Ainsi donc la volubilité, comme un très grand nombre de propriétés des végétaux, est un caractère instable chez quelques plantes, mais qui se fixe peu à peu et devient héréditaire ; nous devons donc nous attendre à rencontrer des plantes chez lesquelles le phénomène de nutation présente une constance de plus en plus grande. C'est, en effet, ce que l'observation vérifie complètement. Tandis que dans les espèces incomplètement accommodées au mode de vie grimpante l'enroulement a lieu soit à droite, soit à gauche ; dans les végétaux adaptés depuis un plus grand nombre de générations, la volubilité se manifeste toujours dans le même sens : cette constance s'observe soit pour tous les individus d'une même espèce, soit pour toutes les espèces d'un même genre, soit même pour tous les genres d'une même famille.

Le tableau suivant permet de se rendre compte du degré de fixité de ce caractère :

Plantes tournant à gauche

Dioscorées :	Dioscore Batatas.
Liliacées :	Asparagus.
—	Semele.
Ménispermacées :	Stephania.
—	Anomospermum.
—	Cocculus.
—	Botryopsis.
—	Abuta.
—	Menispermum.
-	Cissampelos
Papilionacées :	Wistaria.
—	Phaseolus.
Papilionacées :	Nissolia.
—	Dolichos.
—	Glycine.
—	Abrus.
—	Clitoria.
—	Centrosema.
Convolvulacées :	Convolvulus (Liseron).
—	Ipomaea.
—	Pharbitis.
—	Quamoclit.
—	Rivea.
—	Cuscuta.

Plantes tournant à droite

Dioscorées :	Tamus.
—	Dioscorea (un certain nombre d'espèces).
—	Rajania.
Liliacées :	Lapageria.
Urticacées :	Humulus (Houblon).
Caprifoliacées :	Lonicera.
Magnoliacées :	Schizandra.
—	Kadsura.
—	etc.

On voit par conséquent que dans le genre *Dioscorea* certaines espèces tournent dans un sens et les autres en sens inverse. Chez les Liliacées ces divergences se produisent pour des genres différents. Enfin, dans un grand nombre de familles (Convolvulacées, Papilionacées, Ménispermacées, etc.), la volubilité quand elle se produit affecte toujours les mêmes caractères.

En étudiant les plantes grimpantes étayées, nous avons remarqué que certains types se rattachant à cette première catégorie présentent des aiguillons ou des crochets qui contribuent à assurer une supériorité incontestée aux individus qui les possèdent. La même remarque est applicable aux espèces volubiles, et le Houblon est un exemple classique d'un végétal pourvu de crochets et s'enroulant autour des tuteurs. Chez d'autres plantes comme le *Tinospora crispa* (Ménispermacée), la tige est couverte de papilles qui sont formées par des lenticelles tuméfiées; ces petits appareils ainsi modifiés constituent de petits cônes saillants qui contribuent fortement à retenir la liane près de son support.

La différenciation peut s'opérer plus ou moins tôt et se manifester par la production de deux sortes de rameaux. La volubilité en général n'existe pas dès l'origine : les trois ou cinq premiers entre-nœuds restent toujours droits, indiquant par cela même que la propriété de s'enrouler n'était pas possédée par les ancêtres. En outre on remarque souvent deux sortes de branches sur l'adulte : les courtes qui demeurent rectilignes et les longues qui s'enroulent. On dit dans ce cas qu'il y a hétérocladie.

Le cas du *Delimopsis*, liane de la famille des Dilléniacées que M. Treub a pu étudier avec soin, nous fait saisir les procédés extrêmement simples employés par la nature pour arriver à ses fins. Toute la plante est couverte de longs poils soyeux et blancs, uniformément répartis et qui ne servent pas à la fixation : outre ces appendices, dont le rôle ne nous occupe pas en ce moment, nous remarquons sur les branches qui s'enroulent des cellules épaissies, saillantes, en forme de crochet, qui servent manifestement à ancrer le végétal sur tous les objets qu'il rencontre (*fig.* 73, p. 119). En dehors des rameaux précédents, la plante possède des pousses courtes qui restent droites et sont pourvues de feuilles et de

fleurs : sur celles-ci, les cellules aiguillons manquent totalement. Il y a heureusement des transitions entre ces deux types de branches, de sorte qu'on peut voir en les étudiant comment « une très légère modification anatomique détermine une adaptation bien complète et très remarquable (1) ». On assiste, en effet, dans cas à la différenciation progressive des cellules à crochets qui se forment aux dépens d'un groupe de quatre cellules épidermiques, à parois légèrement épaissies mais non saillantes ; trois de ces quatre éléments s'atrophient, le quatrième grandit peu à peu et devient l'aiguillon solide et arqué qui aide si manifestement la branche à s'attacher aux supports (*fig.* 70 à 72).

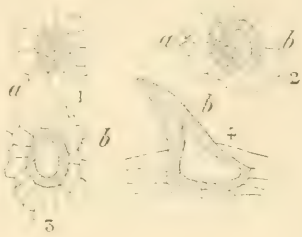


Fig. 70 à 73. — Épiderme d'un *Delimopsis*. 1, 2, transformation des cellules d'une partie de la plante quand on passe à la région attachée aux objets ; *a*, cellules épaissies ; *b*, une de ces cellules qui devient plus grosse que les autres ; 3, 4, épiderme d'une partie fixée ; 3, vue de face ; 4, vue de profil (d'après M. Treub).

La distinction de deux sortes de branches, qui ne s'observe pas chez les plantes grimpantes inférieures, s'accuse surtout chez celles qui ont trouvé un procédé spécial pour grimper ; nous la signalons ici pour les espèces volubiles, nous allons la retrouver dans les types à vrilles. Ce serait cependant une erreur de croire que dans tous les cas où l'on observe deux espèces de rameaux la différenciation a toujours la même valeur. Il arrive dans certains types, par exemple pour un *Aspidopetrys* (Malpighiacée), quand une pousse longue, dépourvue de feuilles et destinée normalement à s'enrouler, ne trouve pas de support, qu'elle se mette à former des feuilles assimilatrices qui n'auraient pas dû normalement se produire, et on observe alors un bouquet de feuilles à l'extrémité d'un long fouet (2).

On peut d'ailleurs produire expérimentalement la transformation d'un rameau court en un long en coupant l'extrémité d'un jeune sarment (branche longue) ; on voit alors les

(1) M. Treub.
(2) D'après M. Massart.

bourgeons latéraux s'allonger en pousses longues au lieu de donner de courtes ramilles, ainsi que cela se produit normalement.

La différenciation raméale est donc modifiable dans ces divers cas. Il n'en est pas toujours ainsi, et, pour beaucoup de plantes, on n'arrive pas par l'expérience à changer le rôle d'un rameau. Par l'étude de ce nouvel exemple, nous voyons donc encore comment l'organisation des plantes se complique peu à peu, comment la spécialisation des parties qui est d'abord nulle ou faible, puis plus accusée, se fixe, « s'incruste » finalement dans la plante, pour nous servir de l'expression de M. Massart, de manière à n'être plus modifiable par les facteurs externes.

CHAPITRE XI

LES VRILLES

La différenciation au point de vue de la fixation de deux sortes de rameaux, que nous venons de signaler chez les espèces volubiles, se retrouve dans les plantes à vrilles, ou du moins dans celles qui ont des vrilles caulinaires. Dans une autre catégorie de végétaux, ceux qui possèdent des vrilles foliaires, la division précédente du travail ne se produit pas parce qu'elle n'est pas nécessaire, car c'est l'antique différenciation des plantes supérieures, celle qui permet de distinguer les Phanérogames, Cryptogames vasculaires et Muscinées des Thallophytes qui est utilisée : ce sont les feuilles transformées en organe de préhension qui remplacent les rameaux fixateurs courts des individus du premier type.

L'étude des lianes qui se rattachent à ces deux groupes nous permet de mettre en évidence une propriété de la matière vivante qui ne paraît jouer aucun rôle dans les autres plantes grimpantes, nous voulons parler de l'irritabilité qui se manifeste lorsque les délicats organes de fixation viennent au contact d'un corps étranger. Dès qu'un objet touche une vrille, la pointe s'infléchit autour du support pour le retenir comme ferait un doigt en se courbant. L'excitabilité se produit dans certains cas au bout de très peu de temps, par exemple en cinq secondes dans le *Cyclanthera pedata*, Cucurbitacée très sensible qui a été étudiée par M. O. Müller.

Si le morceau de bois que rencontre la vrille est trop gros, l'enlacement ne peut se produire : le diamètre de l'objet saisi ne doit pas dépasser 7 centimètres. Quand un support a été entouré, si l'on vient à l'éloigner brusquement, la vrille rede-

vient progressivement droite et son redressement s'opère quelquefois en quinze à vingt secondes.

L'excitabilité varie avec l'âge de la vrille ; les organes jeunes ne sont pas encore excitables, âgés ils ne le sont plus : ceci est avantageux, car au début les vrilles ne seraient pas assez solides. L'excitabilité est, en outre, plus grande près du sommet et elle diminue vers la base.

Si nous comparons maintenant les diverses régions d'un même végétal, nous voyons que les parties jeunes sont beaucoup plus sensibles que les régions âgées. Comme nous l'avons déjà dit, les échantillons grêles d'une espèce déterminée présentent des vrilles plus délicates et plus sensibles que celles des individus trapus.

M. Pfeffer a montré par des recherches très ingénieuses que l'action d'une force qui s'exerce uniformément ne provoque pas l'irritabilité des vrilles : un courant d'eau ou le frottement dû à un bâton de gélatine assez humide pour ne pas se coller après l'organe ne suscitent pas l'enroulement. Si la gélatine est au contraire sèche, l'excitabilité se manifeste immédiatement. Elle peut d'ailleurs se produire sous l'action de forces extrêmement faibles, comme celles qui résultent du mouvement d'un fragment de coton de 0^{gr},00025 qui se trouve légèrement déplacé par un courant d'air.

Les vrilles sont également susceptibles de réagir à l'action de la chaleur : M. Correns l'a prouvé en plaçant une Passiflore ou un *Sicyos* Cucurbitacée dans un thermostat constitué par une caisse de zinc (dont la double paroi pouvait être remplie d'eau chaude) surmontée d'une cloche de verre dont le bouchon est traversé par un régulateur de métal qui est en relation avec un brûleur échauffant la caisse métallique. Si l'élévation de température est brusque, l'enroulement de la vrille se produit (1) ; si un abaissement du thermomètre a lieu ensuite, le redressement s'opère. La sensibilité au contact et la sensibilité à la chaleur sont d'ailleurs deux éléments différents : le *Cobaea scandens*, très sensible au toucher, l'est très peu à la chaleur.

Bien que l'irritabilité protoplasmique paraisse seule susceptible d'expliquer ces divers phénomènes, cependant des actions

(1) Si l'élévation est lente, il y a accommodation.

mécaniques n'en interviennent pas moins pour provoquer les courbures, comme l'a montré M. Leclerc du Sablon. Si l'on tue le protoplasma des cellules par l'alcool ou l'éther, on provoque cependant des phénomènes de courbures analogues à ceux qui s'opèrent au contact d'un corps étranger. Si l'on expérimente avec une Cucurbitacée qui n'est excitable que par contact sur une face appelée « face sensible », on voit que dans l'eau pure la turgescence augmente, il y a enroulement ; si on immerge, au contraire, dans l'eau sucrée, la turgescence diminue et il y a déroulement. Des variations dans la turgescence peuvent contribuer à produire les changements que nous venons d'indiquer dans les vrilles.

Une observation de M. Pfeffer permet d'ailleurs de saisir, au moins pour certaines Cucurbitacées, comment les phénomènes se passent. La génératrice sensible de ces plantes présente des cellules qui possèdent une sorte de pore en leur milieu : par ce point où la membrane est extrêmement mince, le protoplasma est pour ainsi dire à fleur de peau. Excitées par le contact d'un objet étranger, ces cellules doivent se contracter, expulser leur suc cellulaire qui affecte une nouvelle distribution et contribue vraisemblablement à augmenter la turgescence des cellules voisines. Schématiquement la vrille d'une Cucurbitacée se comporte comme l'association d'une couche de fibres allongées qui serait accolée à une couche de cellules courtes parenchymateuses : la variation de la turgescence amène une courbure du système de manière que les fibres soient sur la face concave.

On conçoit, d'après cela, qu'il puisse y avoir à distinguer dans l'enroulement des vrilles deux phénomènes distincts : une irritabilité protoplasmique primitive et une action purement mécanique secondaire.

Lorsque le support a été saisi par la pointe de la vrille, on ne tarde pas à voir l'enroulement terminal s'accentuer et il se forme ainsi une spire serrée autour de l'objet. Jusqu'alors la partie basilaire de l'organe est restée droite, mais elle ne tarde pas à se tordre en spirale à son tour spontanément. Cette hélice peut changer de direction : après avoir tourné pendant un certain sens à droite, par exemple, on la verra s'enrouler à gauche. Cette disposition présente de grands avantages qu'il est bon de faire remarquer de suite. Si l'on imagine qu'un

cylindre droit formé surtout de fibres soit soumis à l'action d'un poids, ce cylindre s'allongera légèrement, et M. Schwendener, qui s'est livré à l'étude de cette question, a constaté que si l'organe avait 100 millimètres de long au début, il pouvait s'allonger jusqu'à 101 millimètres sans casser. En faisant un calcul très simple, M. Worgitzki a établi que, si l'on imagine qu'un filament tordu en une spirale soit soumis à une pareille action, et si l'on suppose que sa longueur s'allonge d'un centième de sa valeur, le pas de spire s'accroît de $14^{mm},61$. Ce résultat est obtenu si l'on suppose que le diamètre de la spire reste constant ; l'allongement est de 19 millimètres lorsqu'on admet que, par suite de la tension, le diamètre de la spire diminue, ce qui a lieu d'ordinaire.

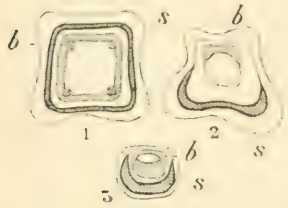


Fig. 74 à 76. — Sections de la vrille d'un *Serjania* : 1, base droite ; 2, partie libre spiralée ; 3, partie fixe spiralée ; *b*, bois ; *s*, tissu de soutien (d'après M. Worgitzki).

Le calcul précédent nous permet donc d'entrevoir nettement la très grande supériorité que présentent les vrilles qui offrent de pareils enroulements spiralés ; elles peuvent évidemment supporter des poids, résister à des tourmentes qui amèneraient nécessairement la rupture des vrilles dont la partie libre serait restée droite. La vrille ainsi tordue fonctionne évidemment comme un ressort flexible et extensible.

Quant à la partie qui a entouré le support, elle ne tarde pas à s'épaissir, son diamètre double ou triple et sa consistance devient dure et cassante.

La constitution interne de ces diverses parties doit évidemment se modifier profondément par suite des actions mécaniques diverses auxquelles elles sont soumises et par suite du rôle qu'elles jouent. Il arrivera, par exemple, dans un *Serjania*, que la partie basilaire libre et droite (*fig.* 74, 1, p. 124) aura une structure régulière avec un anneau ligneux uniforme, et une gaine régulière péricyclique, tandis que pour les parties spiralées libres et fixées l'organisation sera symétrique par rapport à un plan (*fig.* 75 et 76, 2 et 3). Malgré ce caractère commun, ces deux dernières portions de la vrille sont très dissemblables : le tissu ligneux étant développé d'un côté dans la

spire libre et sur la face opposée dans la région fixée.

L'organe singulier que nous venons d'essayer de caractériser est la vrille parfaite dont la sensibilité a acquis toute sa délicatesse, parce qu'elle est réduite à un filament mince et grêle dépourvu de tous les appendices qui pourraient atténuer son irritabilité. Comment un pareil organe a-t-il pu se constituer ? Aux dépens de quels éléments s'est-il différencié ? Tel est le problème qu'il nous reste à examiner.

Ce n'est évidemment pas du premier coup qu'il s'est formé ; il est trop différent de toutes les parties constitutives d'un végétal quelconque pour n'avoir pas exigé de longs essais souvent infructueux avant d'arriver à son état définitif. Nous devons donc nous attendre à trouver des preuves de ces tentatives, soit parce que la métamorphose aura été arrêtée à mi-chemin pour quelques types moins heureux, soit parce que pour plusieurs autres l'évolution y est encore en train de se faire. Quelques exemples suffiront pour nous convaincre de l'exactitude de nos présomptions.

L'*Antirrhinum majus* ou Muflier a d'ordinaire ses tiges dressées, il peut arriver cependant pour certaines races (variété *angustifolium*) que les branches inférieures courtes et pourvues de feuilles s'enroulent autour des objets qu'elles rencontrent. C'est là une propriété que l'on peut être tenté de rapprocher de la volubilité aussi bien que de l'irritabilité des vrilles, et on conçoit que Darwin y ait vu un stade de transition entre ces deux types de plantes grimpantes (1).

Des stades inférieurs de l'adaptation s'observent également dans le Fumeterre. La forme *arvensis* du *Fumaria officinalis* n'est pas grimpante, tandis que les variétés *oleracea* et *Wirtgeni* s'attachent aux plantes voisines et atteignent $0^{m},50$ ou 1 mètre de haut. Ici la fixation s'opère grâce aux feuilles dont les pétioles s'enroulent autour des supports qui sont à leur portée ; les feuilles ordinaires de l'*arvensis* dépourvues d'irritabilité ne se distinguent par aucun caractère des feuilles sensibles du *Wirtgeni*. Il n'en est plus de même dans un autre

(1) M. Koch a essayé récemment de faire revivre l'ancienne théorie d'après laquelle les espèces volubiles seraient douées de sensibilité, mais cette manière de voir ne paraît guère justifiée que pour le *Lophospermum scandens*, qui a une tige légèrement irritable, tandis que les pétioles le sont considérablement.

genre de la famille des Fumariacées, chez le *Corydallis claviculata :* les feuilles excitables se reconnaissent aisément d'abord parce qu'elles sont à la partie supérieure de la tige et parce que le limbe des folioles se réduit de plus en plus vers l'extrémité de la feuille (*fig.* 77, p. 126).

Les deux types que nous venons de décrire constituent donc deux stades du début de l'évolution étudiée par nous : on voit que dans certains cas ce sont des branches, dans d'autres ce sont des feuilles qui acquièrent la propriété singulière de réagir au contact d'un corps étranger de manière à s'enrouler autour de lui comme pourrait le faire un membre d'un animal doué de sensibilité.

Fig. 77. — Feuille de *Corydallis* (*a*, *b*, folioles atrophiées ; *c*, folioles normales (d'après Darwin).

En examinant séparément le perfectionnement progressif de ces deux catégories d'organes, nous verrons que leurs transformations s'opèrent dans le même sens, tellement qu'il devient souvent très difficile de distinguer une vrille caulinaire d'une vrille foliaire, tant ces organes métamorphosés en vue d'une fin bien précise sont arrivés à se ressembler.

I. Vrilles caulinaires. — Parmi les vrilles qui dérivent des tiges, nous pouvons distinguer avec M. Schenck les vrilles branches, les vrilles crochets, les vrilles ressorts et les vrilles filamenteuses.

Les vrilles branches s'observent notamment chez quelques Papilionacées. Le *Dalbergia variabilis* constitue dans les endroits découverts des buissons à pousses pendantes ; dans la forêt, cette espèce devient une liane qui s'élève assez haut, grâce à ses jeunes branches qui s'enroulent autour des plantes voisines ; cet enlacement se fait souvent sans grande régularité. Le support une fois saisi, la branche s'épaissit beaucoup plus que si elle avait continué directement sa croissance sans se fixer ; les feuilles gardent leur aspect normal bien que cependant elles aient une tendance à devenir rudi-

mentaires. Ce dernier caractère s'accuse dans le *Dalbergia littoralis*, et il est tout à fait prononcé dans les *Machærium* chez lesquels on peut distinguer deux sortes de branches, celles qui ne s'enroulent pas, lesquelles portent des feuilles, et celles qui s'enroulent, qui en sont dépourvues. Il n'est pas rare d'ailleurs de trouver des transitions entre elles et on voit alors nettement que les aiguillons que portent souvent les branches vrilles ne sont que des stipules de feuilles avortées.

L'irritabilité d'un organe au contact d'un support peut se traduire de diverses manières, le plus souvent, et c'est ce qui arrive pour les vrilles tout à fait caractérisées : elle se manifeste par une courbure à la suite d'une pression, mais s'il s'agit d'organes arqués dès l'origine le même phénomène d'excitabilité peut simplement se trahir à nos yeux par un épaississement. Les vrilles en crochets, qui ont été découvertes par M. Treub, directeur du jardin botanique de Buitenzorg, se rattachent à cette catégorie. On peut en observer dans le *Strychnos* et dans certaines Rubiacées du genre *Uncaria* (*fig.* 78 et 79, p. 127). On remarque dans ce dernier cas, à l'aisselle de feuilles opposées, des crochets qui, de très bonne heure, sont d'une dureté remarquable ; s'ils restent libres, ils conservent leur faible diamètre ; s'ils se fixent, ils deviennent au contraire extrêmement épais. Quelle est la nature de ces organes? L'anatomie permet aisément de répondre que ce sont des tiges, mais l'étude de quelques anomalies apprend, en outre, que ce sont des pédoncules floraux qui se sont courbés et stérilisés : l'examen des figures 78-79 convaincra le lecteur du fondement sur lequel repose cette conception. Les crochets des *Strychnos* doivent être placés dans la même catégorie, ce sont aussi des pédoncules avortés qui ont été regardés à tort comme des vrilles bifurquées, car entre elles existe un bourgeon avorté.

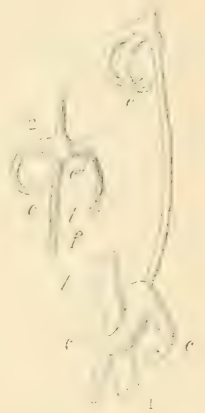


Fig. 78 et 79. — Vrilles crochets d'*Uncaria* : 1 *t*, tige-support ; *c*, crochets libres ; *c'*, crochet fixé. 2, crochet *c'*, se métamorphosant en pousse florifère (d'après M. Treub).

Les vrilles à ressorts constituent un stade plus avancé de la

différenciation qui doit nous conduire aux vrilles proprement dites ; comme ces dernières, elles sont allongées, mais elles s'en distinguent par leur dureté précoce ; la partie terminale élastique et enroulée en spirale s'aplatit quelquefois dans les *Bauhinia* et dans les Sapindacées. Dans un *Bauhinia*, par exemple, on a deux vrilles disposées côte à côte, d'abord molles et droites, elles s'enroulent à la pointe en devenant dures et élastiques ; après leur enroulement autour des supports, un épaississement secondaire s'y manifeste.

Les vrilles filamenteuses sont enfin celles pour lesquelles l'irritabilité provoquée par les objets quelconques qu'elles rencontrent atteint son maximum d'intensité. On les observe surtout dans les Vitées et les Passiflorées.

Elles se distinguent des vrilles à ressorts parce qu'à l'état d'excitabilité elles sont droites, légèrement infléchies à la pointe : elles restent d'ailleurs molles, herbacées tant qu'elles ne sont pas fixées. Une vrille de Vigne se compose, par exemple, d'un pédoncule portant deux branches qui divergent ; l'une d'entre elles présente une écaille à sa base. Ces vrilles sont des pédoncules floraux avortés et il n'est pas rare de voir l'un d'entre eux retourner par atavisme à son organisation primitive, tandis que le second conserve sa nature de vrille. Une Vigne de Chine (*Vitis serjaniæfolia*) est intéressante au point de vue de la phylogenèse, car il n'y a aucune différenciation entre la vrille et l'inflorescence.

Cette même famille des Vitacées nous permet d'étudier une autre transformation intéressante qui se produit dans la Vigne-vierge. Certaines formes de cette plante présentent des vrilles ordinaires, d'autres ont des disques adhésifs. La formation de ces disques est très instructive. Elle s'opère en deux ou trois jours ; déjà sur les vrilles non fixées on remarque un allongement radial des cellules épidermiques à l'endroit où va se former le disque ; l'extrémité des vrilles pénètre dans les anfractuosités du mur ou du substratum, les cellules épidermiques s'allongent beaucoup, se divisent transversalement et l'écorce pénètre à la suite de l'épiderme dans les saillies précédentes. La cuticule épidermique se gonfle, se gélifie, se colle à la pierre et se durcit à l'air. Grâce à cette métamorphose très remarquable, l'enroulement n'est plus nécessaire, la plante est désormais fortement attachée par ses

disques fixateurs. La transformation qui s'ébauche ainsi dans la Vigne-vierge (*Ampelopsis quinquefolia*) peut être complètement achevée dans d'autres espèces et l'*Ampelopsis muralis* n'a plus que des disques ; cette plante a donc perdu la propriété de s'enrouler, elle s'accole seulement aux supports.

Avec les vrilles filamenteuses d'origine caulinaire, nous terminons l'examen de la série des différenciations progressivement croissantes de cet organe. L'étude des vrilles foliaires va nous permettre d'observer une seconde série à peu près semblable à la première de types de plus en plus perfectionnés.

II. **Vrilles foliaires.** — Là aussi nous trouvons des espèces dans lesquelles c'est la feuille primitive non modifiée qui devient sensible au contact ; alors nous pouvons avoir affaire soit aux plantes à pétiole grimpant, soit aux espèces à vrilles limbaires. Dans les vrilles foliaires filamenteuses, nous avons les homologues des vrilles caulinaires filamenteuses.

Les Clématites nous offrent un exemple classique qui se rattache au premier type ; lorsque le pétiole principal est long et mince, il présente une grande sensibilité qui manque aux pétioles secondaires (*Clematis montana*) ; quand les pétioles secondaires sont suffisamment grêles, c'est grâce à eux que ces espèces peuvent s'enrouler autour des plantes voisines, ainsi qu'on peut le voir pour le *Clematis vitalba* et pour l'*Atragene alpina*. Qu'il s'agisse de pétioles primaires ou secondaires, dès que ces organes touchent un support, ils s'épaississent et possèdent ainsi une propriété que nous venons de signaler pour les vrilles caulinaires.

Les *Nepenthes*, qui se rattachent au même type que les Clématites, méritent d'être mentionnés, car leurs feuilles ont un double rôle à remplir : nourrir la plante à l'aide de leurs urnes et, en même temps, fixer le végétal grimpant. Tantôt ces deux missions sont dévolues à des feuilles distinctes : on observe alors des feuilles sans urnes sur de longues pousses qui s'accrochent par leur pétiole, et des feuilles pourvues d'urnes sur des pousses courtes placées au voisinage du sol (*N. ampullaria*). Tantôt cette différenciation est moins nette : au bas de la tige, les feuilles ont un pétiole court, ne s'enroulant pas, avec une ébauche d'urne ; plus haut l'urne reste rudimentaire et le pétiole devient spiralé au contact des objets ; enfin, à la partie supérieure, on peut observer un pétiole

élargi à la base, s'enroulant dans sa partie étroite et se terminant en une urne (*N. phyllamphora*).

Les vrilles limbaires sont celles de la deuxième catégorie; elles ne s'observent que dans les Monocotylédones; elles sont formées de feuilles élargies dès la base, terminées à leur pointe par un filament spiralé. Les *Flagellaria* (Flagellariacées) et certaines Liliacées se rattachent à ce groupe (*Uvularia*, *Gloriosa*).

Les vrilles filamenteuses s'observent surtout dans les Smilacées, les Papilionacées, les Bignoniacées et les Cucurbitacées. Dans les *Smilax*, ce sont les stipules qui ont subi la transformation en vrilles, tandis que dans les Papilionacées ce sont, au contraire, les folioles terminales qui présentent la métamorphose : c'est ce qui arrive dans les Pois, dans les Vesces et les Gesces.

Le *Lathyrus aphaca* est particulièrement remarquable à ce point de vue, car toute la feuille est ainsi transformée et ce sont les stipules qui subsistent à l'état de limbe et constituent les organes verts. Les ancêtres de cette plante n'ont pas dû présenter une pareille organisation, l'étude de la germination révélant au-dessus des cotylédons la présence de deux petites écailles fendues en trois parties correspondant à trois folioles : quand la plante se ramifie, on observe des feuilles avec une paire de folioles et entre elles un appendice ou setula que l'on retrouve chez le *Vicia Faba*.

Dans cette même famille des Papilionacées, nous devons mentionner aussi le *Pusætha scandens*, dont nous avons eu déjà l'occasion de faire mention, qui possède également des vrilles.

Les Bignoniacées présentent les adaptations les plus diverses à la vie grimpante puisqu'on y rencontre des formes à racines crampons comme le *Tecoma radicans*, des types volubiles comme la *Pandorea*; on y observe quelquefois sur une même espèce des vrilles, des racines crampons et des tiges volubiles, c'est ce qui existe, par exemple, chez le *Bignonia unguis*. Enfin certains genres comme l'*Haplolophium* et le *Pithecoctenium* nous permettent de voir ces vrilles se transformer en disques adhésifs, phénomènes qui nous rappellent tout à fait ceux que nous citions plus haut dans les Vitacées (*fig.* 80 et 81, p. 131).

Les vrilles des Cucurbitacées constituent également des organes très différenciés dont il n'est pas aisé de découvrir la véritable nature, tant les métamorphoses ont été grandes pour eux. On distingue, par exemple, dans un *Cucurbita*, une sorte de manche de fouet terminé par un certain nombre de minces lanières qui sont autant de vrilles délicates (*fig.* 82, p. 131) de nature énigmatique. L'étude anatomique de ces organes permet de résoudre le problème de leur évolution : elle révèle que la partie basilaire est de nature caulinaire, mais que les lanières sont des feuilles insérées ainsi en grand nombre à l'extrémité d'une courte tige. Dans la tige, la structure est constante et symétrique par rapport à un axe ; dans la feuille, au contraire, la structure varie de la base à la pointe, mais demeure cependant toujours symétrique par rapport à un plan.

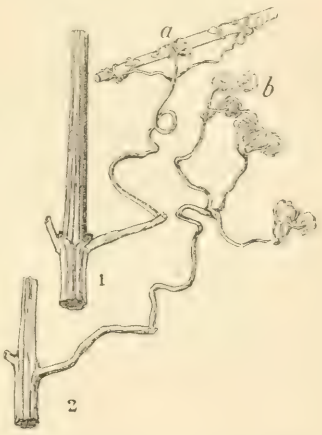


Fig. 80 et 81. — Vrille d'une Bignoniacée (*Pithecoctenium phaseoloides*) ; 1, *a*, vrilles spiralées ; 2, *b*, vrilles se terminant par des disques adhésifs (d'après M. Schenck).

Dans quelques cas, le nombre des lanières peut se réduire singulièrement, et, dans certains *Cyclanthera*, il n'y en a plus qu'une, de sorte que le manche de fouet et la lanière ne paraissent plus faire qu'un. Il est nécessaire, dans ce cas, de s'éclairer de l'anatomie pour comprendre que la vie grimpante ait pu produire cette déformation curieuse qui se traduit par ce résultat qu'un organe, paraissant simple et autonome, est en réalité double : tige à la base, feuille à la pointe, sans que rien n'accuse au dehors ce singulier changement.

L'étude des monstruosités doit donc être particulièrement instructive pour permettre de comprendre l'organisation de plantes si profondément métamorphosées. M. O. Müller a eu l'occasion d'étudier un de ces retours ataviques vers les caractères ancestraux qui éclairent vivement ces cas compliqués et permettent de confirmer et de justifier les résultats que fournit la méthode anatomique : on voit, en effet,

(*fig.* 82 et 83) les vrilles reprendre leurs caractères foliaires et devenir susceptibles de s'enrouler autour des supports par leur limbe comme cela arrive dans un *Corydallis* ou un *Fumaria*, ou par leur pétiole ainsi que c'est le cas normal pour les Clématites.

Au contact du support, les cellules épidermiques des vrilles de certaines Cucurbitacées s'hypertrophient, elles prolifèrent ainsi que les cellules corticales et s'avancent dans les anfractuosités du substratum. Dans le *Sicyos angulatus* et dans plusieurs *Trichosanthes*, ce mode de fixation se perfectionne grâce à la production d'une substance glutineuse qui s'épaissit et se durcit contre l'obstacle. Les transformations précédentes nous font entrevoir la possibilité d'un développement plus accusé des pelotes terminales ; elles deviennent des disques adhésifs très caractérisés dans le *Peponopsis adherens*.

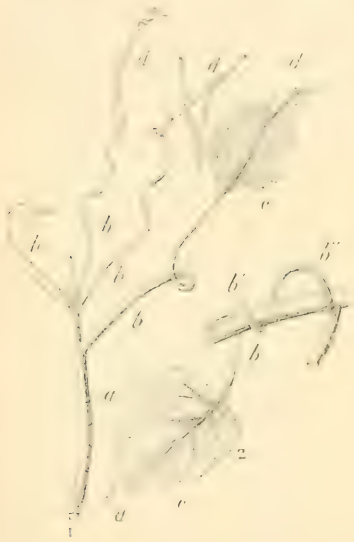


Fig. 82 et 83. — Vrille monstrueuse d'un *Cucurbita* : 1 *a*, tige : *b*, *b*, feuilles s'enroulant en vrille à l'extrémité : *c*, limbe ; *d*, partie spinalée ; 2, l'enroulement spiralé se produit en *b*, *b'*, *b''* (d'après M. Müller).

Nous trouvons donc les mêmes métamorphoses pour les feuilles que pour les tiges, et les déformations dues à la fonction sont si grandes qu'on ne peut plus distinguer sans étude approfondie de quels organes primitifs dérivent ces vrilles. Ces phénomènes de convergence sont analogues à ceux que nous signalions plus haut en étudiant la structure des lianes ; seulement ici ce ne sont pas uniquement des organes identiques appartenant à des espèces de familles éloignées qui se ressemblent, ce sont des organes différents de plantes très dissemblables qui deviennent identiques, au moins extérieurement, et cela parce qu'ils ont le même rôle à remplir.

Au terme de l'étude que nous avons entreprise sur les lianes, nous voudrions essayer de faire comprendre que l'adaptation au mode d'existence qui les caractérise a eu les conséquences les plus importantes pour l'évolution de certains groupes de végétaux.

Parmi les familles chez lesquelles la vie grimpante acquiert une grande perfection, nous pouvons citer notamment les Sapindacées et les Cucurbitacées. Si nous examinons le premier de ces groupes, nous constatons que deux types s'y observent qui ont dû évoluer dans deux directions différentes : le type *arborescent*, qui est de beaucoup le plus important, et le type *grimpant*, caractérisé par l'existence de vrilles très différenciées. Ce dernier mode de vie présente à l'heure actuelle son centre de rayonnement dans les forêts brésiliennes, car c'est dans l'Amérique tropicale que croissent 172 espèces de *Serjania*, 10 espèces d'*Urvillea*, 10 espèces de *Thinouia*, etc.; sur 121 espèces de *Paullinia*, une seule est africaine. Tous les autres représentants arborescents de la famille se trouvent, au contraire, uniformément répartis sur toute la zone tropicale. Grâce à ces considérations, nous comprenons maintenant quelle a été l'histoire de ces plantes : partout le climat équatorial a fait naître des arbres, en quelques points seulement les conditions favorables à l'apparition des lianes ont été réalisées, et, en ces régions, la vie grimpante a pris un magnifique essor.

Une pareille étude nous conduit à penser que dans la famille précédente le type arborescent est le plus ancien. Toutes les familles qui habitent les pays chauds ne nous présentent pas une pareille prédominance des arbres. Dans les Cucurbitacées, par exemple, un seul genre (*Dendrosicyos*) nous offre un cas de vie arborescente, tandis que, dans la grande majorité des espèces de ce groupe, les organes qui servent à la fixation ont acquis une complète différenciation : il y a donc lieu de croire que l'adaptation à la vie grimpante y est extrêmement ancienne et primitive.

Les deux familles que nous venons de mentionner sont essentiellement tropicales, la seconde n'est représentée dans nos pays tempérés que par la Bryone. Certes l'existence des lianes n'est pas nécessairement liée à celle de la forêt équatoriale, mais on peut dire que c'est là qu'elles prédominent.

D'après les estimations de Grisebach, les lianes représentent dans l'Inde 8 pour 100 des espèces de Phanérogames. En Europe, on compte environ 170 plantes grimpantes sur 9.400 végétaux supérieurs, ce qui fait environ 1.8 pour 100. C'est surtout dans les régions chaudes et très ombragées qu'elles ont l'occasion de se bien développer. Elles peuvent se maintenir en assez grande quantité grâce aux forêts tempérées du nord, mais elles disparaissent complètement dans les régions polaires et sur les hautes montagnes. On peut même voir, dans ce dernier cas, une même espèce comme le *Vicia pyrenaica* qui grimpe dans les régions basses perdre ce caractère au voisinage des neiges éternelles, témoignant ainsi, une fois de plus, de l'action prépondérante du climat sur l'évolution des êtres qui peuplent le globe terrestre.

TROISIÈME PARTIE

LES ÉPIPHYTES

CHAPITRE XII

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉPIPHYTISME

Nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que des espèces qui germaient sur le sol de la forêt et nous avons vu comment ont dû se constituer les arbres et les lianes. Nous allons aborder maintenant l'étude des plantes qui vivent sur les arbres. Parmi ces dernières, il y a lieu de distinguer deux catégories bien distinctes de végétaux : ceux qui sont simplement posés sur l'arbre et qui ne l'endommagent en aucune façon, ce sont les épiphytes ; ceux qui perforent l'écorce et se nourrissent aux dépens de la sève qui circule dans l'individu servant de support, ce sont les parasites. Ces deux séries d'espèces sont intimement liées l'une à l'autre, et l'on a pu dire que celles qui se rattachent à la première étaient des parasites de place. Malgré leurs ressemblances, elles doivent être soigneusement distinguées au point de vue qui nous occupe, car, les conditions de leur existence étant très différentes, elles doivent avoir des constitutions très dissemblables.

Comment la vie épiphyte a-t-elle pu naître? C'est là un premier problème que nous pouvons examiner tout de suite et qui nous permettra d'entrevoir quels caractères les plantes actuelles devront nous présenter. On peut imaginer d'abord qu'une espèce dont les graines germent normalement à terre et qui grimpe le long des arbres se sépare du sol par destruc-

tion de la partie inférieure de sa tige ; le haut de la liane étant solidement attaché au tuteur mène alors une vie complètement aérienne ; il est bien évident que ces plantes ne peuvent se comporter ainsi que si elles sont très fortement fixées après l'arbre et il y a des chances pour que ce soit parmi les représentants des lianes à crampons que nous les rencontrions. C'est en effet ce qui peut quelquefois s'observer, et M. Schimper a indiqué le *Monstera deliciosa*, le *Vanilla planifolia*, les *Philodendron* comme plantes pouvant vivre soit reliées au sol, soit indépendantes de lui et totalement aériennes.

Évidemment, par le procédé que nous venons de décrire, un certain nombre d'espèces ont pu s'adapter ainsi progressivement à la vie épiphyte, mais l'accommodation a dû être plus complète et plus rapide par une autre méthode. Imaginons, en effet, qu'une graine, au lieu de tomber sur le sol, soit déposée sur un arbre, ce simple fait contribuera à rendre la sélection beaucoup plus rapide que le processus précédent. La graine qui est ainsi tombée sur une écorce est destinée à y périr rapidement si elle ne présente pas un certain nombre de caractères qui lui permettent de résoudre les difficiles problèmes qui se posent pour elle et qui tiennent le plus souvent à la pénurie d'eau. Le transport sur ce milieu aérien amène donc le triage des plantes par élimination de celles qui sont inaptes à y vivre. On conçoit, d'après cela, comment, de génération en génération, la sélection a pu se faire parmi les espèces de mieux en mieux accommodées à la vie sur l'écorce des arbres.

Si le pays est trop sec, toutes les graines que le vent déposera sur la branche seront vouées, un peu plus tôt ou un peu plus tard, à une mort certaine.

La remarque précédente nous permet donc d'entrevoir que la vie épiphyte ne pourra se développer que dans les régions où l'atmosphère sera fortement chargée de vapeur d'eau, où les pluies seront fréquentes et persistantes. Par conséquent, nous devons nous attendre à constater l'absence de plantes aériennes dans les déserts et dans les pays septentrionaux relativement desséchés. Les contrées équatoriales qui sont caractérisées par les pluies fréquentes, presque journalières, nous fourniront, par contre, des exemples nombreux et variés du mode de vie qui nous occupe.

Ce qui justifie bien l'opinion précédente, c'est qu'en dehors des régions chaudes nous pouvons voir apparaître accidentellement quelques plantes épiphytes : par exemple, le long des fleuves ou au bord de la mer, là où l'atmosphère se trouve chargée de vapeur d'eau d'une manière un peu anormale. M. Schimper a observé près du littoral, à Alger, sur les débris des pétioles des Palmiers, une végétation adventive accidentelle tout à fait intéressante ; M. Loew a remarqué également un développement anomal de cette flore aérienne sur les vieux Saules, à l'embouchure de la Trave.

Il ne s'agit, dans tous ces cas, que d'une flore purement accidentelle, et les espèces qu'on a signalées sont d'ordinaire toujours terrestres. Il va de soi, par conséquent, que la légèreté des graines contribue le plus souvent à permettre l'apparition de cette flore adventice. On constate, parmi les plantes ainsi relevées, une forte proportion de types à semences très délicates qui sont transportées sur les arbres par le vent. C'est ainsi que l'on signale des plantes comme l'*Achillea Millefolium*, le *Cerastium cæspitosum*, le *Mœhrengia trinervia* (Trave), des *Sonchus*, des *Crepis*, des *Epilobium*, des *Rumex* dont les semences peuvent être aisément emportées par les courants aériens, soit à cause de leur petitesse, soit à cause des appareils servant au transport (aigrette, etc.) qu'elles possèdent. M. Loew a calculé que, parmi les plantes rencontrées à l'embouchure de la Trave sur les vieux Saules, 50 pour 100 se rattachaient à cette catégorie. A côté de cette première série d'espèces, on en signale une autre dont les fruits ou les réceptacles sont charnus comme ceux du *Rubus Idæus*, des Fraisiers, des *Lonicera*, etc. ; il est probable que, dans ce cas, les graines de ces plantes ont été transportées (1) par des

(1) Les anciens Germains avaient déjà constaté des phénomènes d'épiphytisme accidentel pour le Sorbier ; quand ils observaient la présence de cette plante sur un autre arbre, ils lui attribuaient des propriétés merveilleuses ; et, d'après Adalbert Kuhn, on célébrait encore en Westphalie, au commencement de ce siècle, à l'aide des baguettes de cette plante, des cérémonies tout à fait semblables à celles que pratiquaient les anciens Indiens avec le *Butea frondosa* (ou *palaca*, qui n'aurait été qu'une plume d'épervier transformée en arbre). Une relation manuscrite suédoise du XVIIe siècle dit que, pour avoir une baguette divinatoire, il faut prendre un Sorbier qui a poussé « sur un mur ou sur un rocher (ou dans le creux d'un arbre), un Sorbier provenant d'une baie qu'un oiseau aura laissé tomber de son bec ».

animaux qui les ont mangées et que, déposées ensuite par eux sur les arbres, elles ont dû y germer. M. Loew estime à 23 pour 100 le nombre des espèces dont les graines doivent être placées dans ce dernier groupe (1).

Le résultat de ces observations va nous permettre de comprendre quels doivent être les caractères des graines des plantes épiphytes dans les régions tropicales. Parmi ces végétaux, nous devons d'abord nous attendre à rencontrer des représentants nombreux chez ceux qui ont les plus légères semences. Les Fougères et les Orchidées sont évidemment dans ce cas ; les premières, parce que les organes de multiplication sont des spores microscopiques ; les secondes, parce que les graines produites en nombre immense sont atrophiées et ont mérité d'être comparées à de la sciure de bois. Les spores et les graines sont dans ce cas d'une telle ténuité qu'elles constituent une sorte de poussière impalpable qui reste presque indéfiniment suspendue dans l'air et qui doit se déposer partout dans les moindres fentes de l'écorce des arbres.

Fig. 84. — Graine d'une plante épiphyte *Catopsis*.

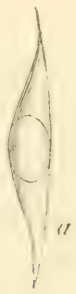


Fig. 85. — Graine d'un *Hymenopogon*.

Quand les graines, bien que très légères (2) ont cependant un poids appréciable, elles doivent être munies d'un appareil de vol. Ces appareils se rattachent d'ailleurs à deux formes : ce sont soit des poils longs et le plus souvent mous, soit des appendices ailés. Le premier type s'observe très fréquemment dans les Gesnériacées (*Æschynanthus*), les Rubiacées (*Hillia*), les Asclépiadées, les Broméliacées (*Catopsis*) (*fig.* 84). Le second, moins répandu, a été signalé pour des

(1) Des résultats analogues ont été obtenus par MM. Willis Burkill, Sabidussi, Magnin et Beyer.

(2) Le poids de ces semences est quelquefois extrêmement faible, 0gr,000028 pour le *Rhododendron verticillatum*, 0gr,00002 pour les *Æschynanthus*.

Rubiacées (*Hymenopogon* (*fig.* 85)), il ne suffit pas que les graines flottent et volent dans l'air, il faut qu'elles puissent se fixer dans les cavités de l'écorce et surtout s'y maintenir; or les aigrettes molles et soyeuses permettent très bien d'atteindre ce but.

On peut imaginer deux hypothèses pour interpréter la petitesse des semences des épiphytes. Selon une première manière de voir, ce caractère serait le résultat d'une adaptation à la vie aérienne réalisée progressivement par sélection; d'après une autre conception, la légèreté des graines serait simplement une propriété primordiale ayant rendu possible l'installation de ces plantes sur les arbres. M. Schimper, qui a fait une étude si remarquable de la vie épiphyte, est disposé à se rallier à cette seconde manière de voir; mais cependant, en admettant qu'elle soit vraie au point de départ, comment ne pas être amené à penser que, parmi les individus à fines semences, ceux qui auront les plus petites s'installeront plus haut dans la forêt, rencontreront des conditions plus difficiles d'existence et deviendront, par cela même, plus différenciés comme espèces aériennes.

La deuxième hypothèse peut s'appliquer aux plantes pourvues de fruits ou de graines charnues, car, pour celles-là, ce sont les animaux de la forêt vierge, les oiseaux, les singes qui les transportent, et l'attention de ces animaux a dû être surtout fixée par les fructifications se distinguant par leur succulence. Nous remarquons, en effet, parmi les végétaux qui vivent sur les arbres, un très grand nombre d'espèces, appartenant aux groupes les plus divers, présentant ainsi une partie charnue dans leur péricarpe. Les graines des fruits mangés ainsi par les hôtes des bois traversent intactes leur tube digestif et germent bientôt sur les branches où elles sont déposées. On trouve de pareils fruits succulents dans les Liliacées (*Astelia*), les Mélastomacées (*Dicellandra*, *Medinilla*), les Bignoniacées (*Schlegelia*), les Onagrariées (*Fuchsia*), etc.

La considération de la graine et du fruit nous permet de résoudre quelques problèmes intéressants restés longtemps sans solution : elle nous fait comprendre pourquoi, parmi les Liliacées, seules les Astéliées et les Smilacées peuvent comprendre des épiphytes; comment les Fougères, les Orchidées, les Broméliacées fournissent un si gros contingent de plantes aériennes.

On peut se demander pourquoi certaines familles — qui ont, comme les Graminées et les Composées, des graines paraissant présenter les conditions de légèreté requises pour la vie épiphyte, — ne fournissent cependant pas du tout de représentants aériens (sauf le *Senecio parasiticus*, qui s'observe à Mexico). Cette anomalie a peut-être une cause bien simple : ces deux familles formées surtout de végétaux herbacés, qui prédominent dans les pays tempérés et subtropicaux, ne rencontrent pas dans les contrées où ils vivent les conditions nécessaires pour s'installer sur les arbres. Il semble, au moins pour les Composées, que ce soit là en effet la principale raison de l'absence de ces végétaux parmi les épiphytes des tropiques : les remarques de M. Loew et d'autres observateurs ont d'ailleurs appris que les plantes de cette famille forment une partie notable de la flore épiphyte accidentelle des vieux Saules, le long des fleuves d'Europe. Quant à l'absence de Graminées dans la flore aérienne, elle s'expliquerait, selon M. Massart, par ce fait que ces végétaux ont besoin de silice pour se développer et qu'ils ne trouvent pas cet élément sur l'écorce des arbres.

Les familles qui n'ont que des graines ou des fruits lourds et non charnus ne fourniront pas de représentants arboricoles, ceci nous explique pourquoi les Palmiers, les Euphorbiacées et les Légumineuses font totalement défaut dans le groupe de plantes qui nous occupe.

Si les graines sont légères et ailées, mais si les ailes sont trop grandes, elles peuvent se déposer sur les branches, mais le moindre souffle les en fait tomber : ceci fait comprendre pourquoi, parmi les Broméliacées, les *Dyckia*, les *Hechtia* sont uniquement terrestres. La considération de cette dernière famille, qui a des représentants si parfaitement adaptés à l'épiphytisme, nous fait entrevoir que, si la légèreté de la graine et l'existence d'organes de fixation ne sont pas des caractères d'adaptation au début, ils sont susceptibles de le devenir à mesure que la vie aérienne se perfectionne.

Les remarques qui précèdent jettent donc immédiatement, comme on le voit, par des considérations cependant très simples, une vive lueur sur l'origine de la flore des arbres.

Germination. — Nous retrouvons d'ailleurs des traces de perfectionnement et d'une adaptation de plus en plus com-

plète à la vie aérienne par l'étude de la germination des Broméliacées. Si nous examinons, en effet, des types terrestres comme les *Dyckia*, nous voyons que leur germination est normale, les téguments de la graine sont brisés et la radicule apparaît pour se recourber rapidement vers le bas (*fig.* 86, 1, p. 141). Il n'en est plus de même dans les Tillandsiées, qui comprennent surtout les représentants épiphytes de la famille précédente. Dans ces plantes, d'après Fritz Müller, on remarque que la radicule, au lieu d'être mise à nu comme d'ordinaire, reste entourée d'un capuchon formé par les enveloppes de la graine comme si ces végétaux craignaient d'exposer à une dessiccation trop rapide l'organe qui sert d'ordinaire à la nutrition et à la fixation (*fig.* 86 à 89). Dans une autre famille chez les *Æschynanthus*, M. Goebel a mis en évidence la production d'un disque fixateur qui contribue à établir une forte adhérence de la plantule avec l'arbre.

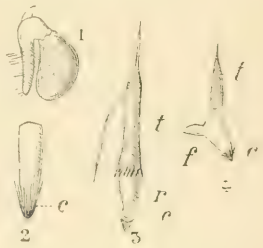


Fig. 86 à 89. — Germination des divers types de Broméliacées ; 1, *Dyckia*, germination normale ; 2, 3, 4, *Tillandsia* épiphyte ; *c*, capuchon radiculaire ; *r*, radicule ; *f*, feuille ; *t*, tigelle (d'après Fritz Müller).

L'adaptation à la vie épiphyte ne se manifeste pas seulement par l'étude des graines, elle résulte plus encore de l'examen des caractères des organes des plantes adultes.

Fixation. — Le premier problème qu'ont à résoudre les végétaux qui croissent sur les arbres est de se fixer solidement à leur support. Ce résultat peut être atteint par des procédés divers, mais celui qu'on observe le plus communément provient d'une déviation de la fonction ordinaire des racines.

Quand on examine de loin quelques-unes des plantes si curieuses que nous étudions, elles paraissent attachées à l'arbre qui les soutient à l'aide de cordes ; mais, si l'on vient à étudier leur organisation de plus près, on voit que ces liens solides ne sont autre chose que des racines adventives. Ces organes ont perdu leur propriété géotropique ordinaire, car ils ne se dirigent plus verticalement de haut en bas vers le centre de la terre ; ils semblent distinguer les plus fortes courbures de la tige, et se développent toujours de manière à les rencontrer. La sensibilité géotropique est donc atrophiée et, à

la place, paraît s'être développée une propriété nouvelle qui amène l'enlacement du support par les racines. Mais là ne se borne pas la transformation, car la structure interne de ces organes change et le système conducteur n'ayant plus de rôle s'atrophie de plus en plus, tandis que les éléments fibreux qui consolident et durcissent ces sortes de cordes prennent une importance prédominante.

Les racines résistantes qui enserrent ainsi la tige se soudent fréquemment entre elles, formant autour de l'arbre support un véritable réseau qui peut persister lorsque ce dernier meurt et pourrit, ou qui souvent même le soutient quand, par la tempête, il vient à se briser ; c'est ce qu'on peut observer notamment pour ces Figuiers tueurs d'arbres, dont l'aspect singulier résultant de l'anastomose en réseau des racines a frappé tous les voyageurs : ils constituent ainsi un végétal arborescent qui paraît greffé sur une autre plante aussi puissante (1).

Nutrition. — Dans ce dernier cas, la nutrition du végétal s'opère à l'aide de racines qui ont conservé leur ancienne fonction et qui pendent de la partie supérieure de l'arbre, se dirigeant vers la terre pour y puiser la sève. Ces racines, qui peuvent s'appeler *nourricières*, ressemblent à de longs câbles : elles descendent de la région élevée de la forêt, atteignant ainsi plusieurs mètres de long. La croissance de ces organes est très rapide ; ils restent indivis tant qu'ils sont dans l'air ; ils ne commencent à se ramifier que dans le sol. Contrairement aux racines fixatrices qui étaient insensibles à l'action de la pesanteur, celles-ci sont fortement géotropiques (2). Leur structure est également en rapport avec leur fonction, et les éléments conducteurs, qui y sont nombreux, acquiè-

(1) Quand le Figuier des pagodes poussait ainsi, il devenait chez les anciens Indiens l'arbre sacré par excellence. Des fragments de sa tige taillés en fourche donnaient le *pramantha* (servant à produire le feu que les commentateurs védiques « considèrent comme un *petit homme* », selon M. Baudry, « ils vont jusqu'à assigner, le long du bâton qui le constitue, l'espace qu'occupe chaque partie du corps humain ». Le Gui qui a été substitué en Gaule à la plante précédente, à cause de ses bifurcations, était particulièrement propre à rappeler le *pramantha* divin, producteur du feu.

(2) Du moins telle est l'opinion de M. Went. M. Massart pense que les racines nourricières descendent vers le sol simplement par suite de leur *poids*. Des expériences plus précises devront être faites sur ce point.

rent des dimensions considérables permettant ainsi l'ascension du courant de sève important qui y circule ; par contre, les éléments fibreux y sont très peu développés, justifiant ainsi que c'est un rôle nutritif qui leur est dévolu et non un rôle mécanique (1).

Les plantes épiphytes, qui présentent les caractères que nous venons de définir, constituent pour ainsi dire le premier stade de l'adaptation à la vie aérienne ; ce sont, en effet, des végétaux qui ont su, malgré leur croissance loin du sol, garder les avantages de la vie terrestre. Ils ont donc peu à redouter les effets de la dessiccation, et le grand danger de l'épiphytisme se trouve, par cela même, supprimé. Dans certains cas, comme dans les Figuiers tueurs d'arbres, le développement des racines qui descendent vers le sol le long de l'arbre support est très grand ; elles constituent de véritables colonnes sur la nature desquelles on peut se méprendre et que l'on est tenté de prendre pour des tiges, de sorte qu'au premier aspect on est porté à croire que l'on a affaire à une plante grimpante. En réalité, il n'en est rien, mais nous savons qu'il n'en est pas toujours ainsi, et on connaît des plantes grimpantes comme le *Monstera deliciosa* et un certain nombre d'Aroïdées, qui peuvent quelquefois devenir épiphytes.

Nous pouvons par la considération de ces dernières plantes que M. Went appelle des hémi-épiphytes, trouver tous les termes de passage entre les végétaux qui vivent complètement reliés au sol et ceux qui n'ont plus aucun lien avec lui. Le *Freycinetia angustifolia* n'a que des racines nourricières ; le *F. strobilacea* a des racines fixatrices et des racines nourricières normales ; le *F. javanica* a toujours des racines fixatrices et quelquefois des racines de la deuxième catégorie ; enfin les premières subsistent seules dans le *F. imbricata*.

Plantes des brouillards. — Ces passages peuvent se présenter à nous sous un autre aspect. Il arrive notamment qu'une même espèce puisse vivre soit sur le sol, soit sur les arbres ou même sur les rochers dénudés. On a souvent affaire évidemment, dans ce cas, à des végétaux ne présentant qu'une accommodation encore incomplète à la vie aérienne. A mesure que cette dernière se perfectionne, ces deux modes

(1) Ces faits, mis en lumière par M. Schimper, ont été confirmés par M. Went.

d'existence deviennent trop différents pour convenir à un seul et même être. La possibilité de s'installer alternativement en deux habitats se manifeste surtout pour les espèces épiphytes qui vivent sur les parties basses, c'est-à-dire dans la région la plus humide et la moins éclairée de la forêt. Pour ces végétaux, il n'y a en somme que peu de différences entre les deux modes de vie aérienne et terrestre. L'eau ruisselant cons-

FIG. 90.— *Teratophyllum* : *t*. tige ; *fa*. feuilles absorbantes de structure aquatique ; *fn*, feuille nourricière ; *a*. arbre support.

tamment sur les arbres, les plantes qui vivent en ces points sont presque aquatiques et affectent les caractères de végétaux qui croissent dans l'eau. M. Karsten a nettement distingué dans les îles Moluques deux sortes d'épiphytes : les uns tels que les *Dendroceros*, les *Trichomanes* et les *Teratophyllum* qui habitent les régions inférieures où dominent les brouillards ; les autres, tels que les *Conchophyllum*, les *Polypodium*, les *Myrmecodia* et *Hydnophytum* qui végètent dans les régions supérieures et sèches des forêts.

Les *Dendroceros*, appartenant au premier groupe, sont des Hépatiques à tissu spongieux et poreux très propre à la réception et au maintien de l'eau (1). Le *Trichomanes peltatum*, Fougère délicate, qui à cause de l'humidité et de la rosée a

(1) M. Goebel a étudié une série de mécanismes curieux qui permettent aux Hépatiques tropicales de recueillir et de conserver l'eau qui coule le long des arbres. Il se forme quelquefois des sortes d'urnes très singulières, par exemple dans les *Physiotium*.

presque la structure d'une plante aquatique. Le *Teratophyllum aculeatum*, qui appartient au même groupe des Cryptogames vasculaires, s'est différencié en vue de ce mode de vie et il présente deux sortes de feuilles : les unes délicates, couchées sur le support, servent à l'absorption du liquide ; les autres, à folioles beaucoup plus larges, destinées à flotter dans l'air, sont des feuilles assimilatrices et nourricières (*fig.* 90, p. 144).

Ces plantes sont évidemment bien adaptées à la vie épiphyte, mais dans les parties de la forêt qu'elles habitent ce mode d'existence peut être réalisé sans difficulté, le besoin d'eau ne se faisant pas sentir, c'est l'absence de ce liquide qui rend le problème de l'accommodation si délicat pour les êtres qui nous occupent.

Epiphytes à terreau. — Dans une catégorie entière d'espèces épidendres, les inconvénients qui résultent pour le végétal de l'éloignement du sol se trouvent en grande partie supprimés par un procédé extrêmement simple qui permet à ces êtres aériens de se créer, pour ainsi dire, un sol artificiel sur les hautes branches qui les portent. C'est ce qui est réalisé, par exemple, pour les Fougères en forme de nid (*Asplenium nidus*) dont les feuilles rassemblées les unes à côté des autres forment ainsi une sorte de coupe dans laquelle peuvent s'accumuler des débris de végétaux et des poussières qui peuvent à la fois nourrir la plante et la maintenir constamment humide. Aussi, bien que d'ordinaire attachées à des lianes extrêmement grêles et suspendues dans l'air, ces Fougères atteignent-elles de grandes dimensions : les feuilles ayant souvent 2 mètres de long, la largeur de la plante pouvant être de 4 mètres et le poids de toute la touffe atteignant quelquefois 25 kilogrammes.

Chez certains Polypodes des régions chaudes (*Polypodium quercifolium*), il peut se faire une différenciation marquée dans les feuilles en vue de deux rôles très dissemblables qu'elles doivent remplir. Les unes sont vertes et à pétiole développé, elles servent à l'assimilation ; les autres, sans pétiole et seulement découpées au bord, deviennent rapidement brunâtres parce qu'elles servent de réceptacle au terreau qui nourrit ces plantes. La même division du travail s'observe chez les *Platycerium*, en vue d'atteindre le même résultat (*fig.* 91, p. 146).

Dans les Orchidées, groupe qui renferme des représentants si nombreux parmi les épiphytes, nous pouvons observer de même la production de nids semblables, qui dans certains cas atteignent la grosseur d'une tête (*Oncidium altissimum*), mais

FIG. 91. — *Platycerium grande.* Fougère dont la partie supérieure sert de réceptacle au terreau et la partie inférieure découpée pendante sert à l'assimilation (d'après M. Goebel).

qui sont alors formés par un enlacement de racines entre lesquelles les débris de feuilles et la terre s'accumulent. Aussi ces plantes, bien qu'aériennes, peuvent-elles cependant, dans certains cas, se laisser cultiver sur le sol sans difficulté (*Cyrtopodium*, Orchidée ; *Anthurium Hugelii*, Aroïdée). L'existence

de ce terreau favorise l'accroissement de ces plantes, et c'est dans ce groupe que l'on doit ranger une des Orchidées les plus magnifiques des régions tropicales remarquable à la fois par ses dimensions et par la multiplicité de ses hampes florales, le *Grammatophyllum* (*fig.* 31, p. 63). Le bourrelet formé par l'enchevêtrement des racines autour de l'arbre qui sert de support peut, pour certains individus de cette espèce, atteindre jusqu'à 2 mètres de diamètre ; de cette couronne de racines pendent de très nombreuses branches atteignant plusieurs mètres de long et pourvues de feuilles larges. L'ensemble de la plante porte 50 à 60 hampes et jusqu'à 4.000 ou 5.000 fleurs qui s'épanouissent d'un seul coup.

Dans ces conditions, la vie épiphyte est susceptible évidemment d'une très grande puissance et la vie terrestre, qui n'offrirait guère plus d'avantages que la vie aérienne au point de vue de la nutrition, présenterait, par contre, au point de vue de l'éclairement, des désavantages incontestables.

Ce sont évidemment les meilleures conditions de lumière qui seules peuvent expliquer que certaines plantes épiphytes affrontent les dangers résultant d'une installation sur la couronne des arbres ; les risques de dessiccation sont évidemment si grands alors qu'ils ne peuvent être bravés que s'il y a d'autre part des avantages indiscutables pour les espèces qui s'installent sur les points brûlés par le soleil.

CHAPITRE XIII

LES PLANTES DE LA COURONNE DES ARBRES

Il reste à nous occuper d'une dernière catégorie de plantes épiphytes, celles qui croissent sur les parties hautes et desséchées de la forêt. Ce sont certainement les plus intéressantes parce qu'elles ont subi des transformations très profondes sous l'influence de leurs conditions d'existence.

Quand les épiphytes sont en pleine lumière, ils bénéficient de toute l'énergie vitale que le soleil fournit à la végétation; aussi leurs fleurs acquièrent-elles souvent de magnifiques dimensions : les Orchidées tropicales notamment tirent en grande partie leur beauté de la vie aérienne qui prédomine dans cette famille. Mais si la corolle des fleurs atteint ainsi une grande taille, il n'en est pas de même de l'appareil végétatif : celui-ci ne peut pas s'accroître sans danger, ou du moins il lui faut, pour assurer la continuité de son développement, des organes spéciaux qui permettent à la plante de résister à la sécheresse.

Le problème précédent est résolu chez un grand nombre d'Orchidées aériennes par la production de tubercules qui sont de véritables réservoirs de liquide dans lesquels le végétal peut puiser pendant la saison sèche l'humidité dont il a besoin. La consistance des feuilles, qui est ferme et qui acquiert souvent la dureté du cuir, et l'épaisseur de la cuticule constituent des obstacles à l'évaporation ; grâce à cette organisation, l'eau, une fois entrée dans la plante, s'y conserve un temps presque indéfini, car elle n'y est pas inutilement dépensée par une transpiration trop intense.

Mais comment s'y introduit-elle ? Il est indispensable que le végétal possède une sorte d'organe absorbant qui pompe, pour

ainsi dire, l'humidité avant que l'ardeur du soleil ne l'ait évaporée. Ce but est atteint par une différenciation curieuse de la racine qui produit sur toute sa surface externe un tissu que l'on appelle le voile. Il est formé de cellules remplies d'air qui donnent à ces parties de la plante une teinte blanc argenté masquant la coloration verte due à la chlorophylle. Quand on dépose une goutte d'eau sur ce voile, elle est absorbée avec la même rapidité que si elle était mise sur un papier buvard. C'est aux dépens de l'assise pilifère, qui fournit d'ordinaire les poils radicaux à l'aide desquels se fait l'absorption dans le sol, que cet appareil a été formé ; la fonction dévolue aux poils reste la même que celle qui incombe au voile, mais elle s'opère très différemment. L'assise pilifère ordinairement unique se dédouble un grand nombre de fois et se transforme en cellules vides, perforées, dont la paroi est maintenue rigide grâce à des épaississements spiralés qui en empêchent l'affaissement quand elles sont vides d'eau. Si l'on vient à plonger une de ces racines dans un liquide, elle se colore rapidement en vert, laissant voir ainsi par transparence les couches chlorophylliennes profondes qui étaient masquées par l'air renfermé dans le voile (1).

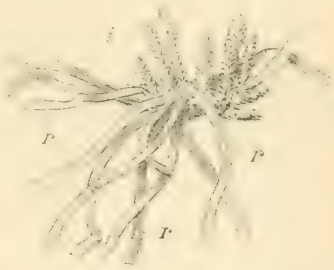


Fig. 92. — *Æranthus*. Orchidée sans feuilles ; *i*, inflorescence ; *r*, racines aplaties ressemblant à des feuilles.

En somme, dans la plupart des Orchidées, la fonction d'absorption de l'eau est dévolue à la racine, et c'est dans les tubercules de la tige que le liquide s'accumule. Mais l'organi-

(1) Il est à remarquer que le voile est surtout bien développé chez ces plantes entièrement aériennes ; il est moins différencié (formé de cellules lisses) dans les Orchidées qui se créent un terreau sur les branches d'arbres ; il manque chez les espèces qui ont deux sortes de racines, fixatrices et nourricières. On peut s'attendre à le voir disparaître chez les espèces terrestres. L'*Epidendrum cinnabarinum* fait exception à cette règle, car le voile existe sur les racines souterraines ; il s'agit là vraisemblablement d'une nouvelle adaptation d'une plante épiphyte à la vie terrestre. M. Groom a montré d'ailleurs que ce voile présente alors certains changements de structure en rapport avec ces nouvelles conditions d'existence.

sa ion précédente peut se simplifier; afin d'éviter tout excès de transpiration, certaines plantes ont peu à peu, par sélection, atrophié leurs organes foliaires et même caulinaires, c'est-à-dire toutes les parties par lesquelles s'échappe normalement la vapeur d'eau; la tige se réduit alors à un tronçon très court sur lequel il n'y a plus que des écailles (*fig.* 92, p. 149). C'est ce qui arrive notamment dans les *Æranthus fascicola* et dans les *Tæniophyllum Zollingerii*. Comment se fait alors l'assimilation du carbone de l'atmosphère? Par suite de leur atrophie, les feuilles sont incapables de jouer un rôle nourricier et ce sont les racines qui sont chargées de la fonction ordinaire des

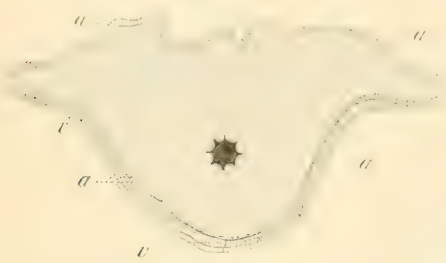


Fig. 93. — Section transversale d'une racine d'*Æranthus* : *v*, voile : *a*, assise exodermique (d'après M. Janczewski).

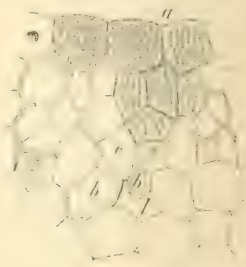


Fig. 94. — Pneumathode d'*Æranthus*; l'air pénètre par les cellules *a*, *c*, *b* (d'après M. Janczewski).

organes foliaires, aussi les voit-on s'allonger notablement et s'aplatir. Grâce à cette métamorphose la plante est réduite presque entièrement à des racines plates qui se sont substituées aux feuilles. La symétrie bilatérale (*fig.* 93) de ces lames, leur structure, l'existence même à la face inférieure de deux rangées d'appareils qu'on appelle les *pneumathodes* rappelant les stomates, justifient ce rapprochement des organes foliaires. Occupant la place des stomates, les pneumathodes servent comme eux aux échanges gazeux de la plante avec l'extérieur. A l'endroit de ces appareils, les cellules du voile sont lignifiées et restent toujours remplies d'air, de sorte qu'elles peuvent permettre la sortie des vapeurs même quand les éléments voisins sont gorgés de liquide; aussi, lorsqu'on vient à plonger une racine dans l'eau, la voit-on entièrement verdir, sauf cependant suivant deux rangées de points qui correspondent aux pneumathodes qui restent blancs (*fig.* 94).

La morphologie des plantes que nous venons de décrire est très étrange, leur physiologie ne l'est pas moins. Les études de M. Wiesner sur le *Tæniophyllum Zollingerii* ont montré que la croissance de ses racines s'opérait avec une excessive lenteur; si l'on compare cette vitesse de développement à celle que peut nous offrir une plante tropicale comme le Bambou, par exemple, on voit que le rapport de ces deux nombres peut être de 1 à 2.000. Ce résultat remarquable nous apprend donc que la croissance ne s'effectue pas partout sous les tropiques avec la même rapidité; la plupart des plantes des pays froids ne présentent pas une végétation aussi ralentie que dans le cas précédent. Ce qui permet l'accroissement rapide des formes végétales tropicales, c'est la délicatesse de leurs tissus qui dépend à la fois de la grande humidité et de la lumière atténuée; mais si, dans ces régions, une plante est exposée au soleil et si elle manque d'eau, ses tissus durcissent et son développement se trouve par cela même entravé. Dans l'espèce qui nous occupe, la nutrition se fait par la racine verte qui ne peut assimiler le carbone de l'atmosphère que sous l'influence du soleil; lorsque ce végétal sera placé à l'obscurité, la nutrition ne se fera plus et la croissance deviendra tout à fait nulle (1).

L'évolution, dans le cas précédent, a amené un développement exagéré et anormal de la racine; il n'en est pas toujours ainsi pour d'autres familles de plantes qui ont, comme les Orchidées, des représentants sur la couronne des arbres de la forêt tropicale. Si nous examinons notamment parmi les Broméliacées un des types les plus différenciés au point de vue de la vie épiphyte, le *Tillandsia usneoides* nous constatons que les métamorphoses ont amené des résultats absolument opposés à ceux que nous avons décrits plus haut, car, dans cette espèce, c'est l'atrophie de la racine qui a eu lieu, tandis que la feuille a pris, par contre, une importance prépondérante. C'est elle qui est, en effet, chargée de tous les rôles: en s'enroulant autour des branches, elle fixe

(1) On peut voir d'ailleurs varier la vitesse de croissance avec l'intensité lumineuse; elle passe par un maximum, puis diminue et devient nulle pour une intensité ou trop forte ou trop faible. Sauf l'axe hypocotylé du *Viscum album*, on ne connaissait pas d'organe d'une plante présentant une croissance nulle à l'obscurité (d'après M. Wiesner).

la plante ; en se renflant à sa base, elle constitue un réservoir d'eau, tandis que sa pointe reste surtout assimilatrice. L'organe d'absorption a une utilité capitale pour le végétal, aussi est-il particulièrement différencié ; il est formé d'écailles dont la paroi externe est très épaisse et dont les membranes internes sont, au contraire, très minces. Quand l'eau coule en grande quantité, amenée par la gouttière qui existe sur la région supérieure de la feuille, les cellules *a*, *b*, *c* (*fig.* 95) se gonflent, l'écaille se soulève et le liquide suivant le chemin marqué par ces cellules pénètre en *d* ; dès que la sécheresse recommence, les cellules de l'écaille s'affaissent, leur

Fig. 95. — Ecaille absorbante d'un *Tillandsia*

couvercle s'applique contre l'épiderme épaissi et le chemin de cellules à parois minces qui permettait l'entrée de l'eau se trouve immédiatement fermé, empêchant par cela même toute évaporation et toute perte de liquide précieux pour le végétal. Grâce à ces particularités anatomiques et à la simplicité de son organisation, cette plante, qui est en somme presque réduite à une touffe de feuilles, peut vivre en des points de la forêt où peu d'espèces pourraient s'installer.

Les métamorphoses merveilleuses que nous venons de décrire ont pu acquérir dans le cours des siècles une extrême amplitude : elles ont modifié si profondément les êtres qu'elles ont rendu tout retour à la vie terrestre primitive très difficile, peut-être même impossible. Le *Tillandsia usneoides* forme aussi de véritables prairies sur les arbres de l'Amérique du Sud et où il est extrêmement répandu ; souvent emporté par les rafales, ou encore transporté par les oiseaux, il s'étend, se multiplie sans se reproduire sur des espaces considérables.

Nous avons, dans un autre ouvrage (1), décrit des trans-

(1) *Végétaux et Milieux cosmiques*, p. 265.

formations presque aussi saisissantes que celles que nous venons de mentionner, quand nous avons signalé les caractères des espèces qui croissent dans les cascades tropicales ; la vie sur les rochers a d'ailleurs certaines analogies avec l'épiphytisme. Pour les plantes qui ont adopté ces deux modes d'existence, les dangers qu'elles ont dû affronter pour se maintenir en ces stations exceptionnelles ont été de même ordre : dans les deux cas, il leur a d'abord fallu se fixer, puis se nourrir dans des conditions très difficiles, alors que les problèmes vitaux paraissaient d'abord insolubles avec les ressources que possède un végétal ordinaire. Ces espèces n'ont pu arriver à leurs fins que par des transformations tellement singulières qu'en leur présence l'observateur ne peut manquer d'être frappé de l'harmonie qui existe partout entre les êtres vivants et la nature qui les entoure, harmonie résultant d'ailleurs de longs efforts et de la destruction d'un nombre incalculable de formes mal adaptées.

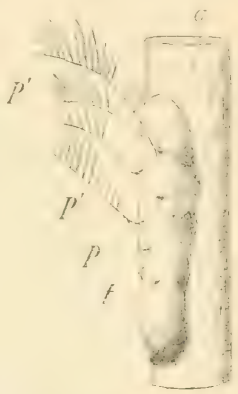


Fig. 96. — *Polypodium imbricatum* : *a*, branche de l'arbre qui sert de support ; *t*, tige aplatie de l'épiphyte ; *p*, base d'une feuille ; *p'*, feuilles.

On conçoit que nous insistions un peu sur les végétaux qui habitent la couronne de la forêt, car les conditions de milieu y sont tellement remarquables qu'elles ont amené les accommodations les plus variées et souvent les plus inattendues. Dans certaines Fougères comme le *Polypodium imbricatum* (*fig.* 96), la tige s'aplatit et, en s'appliquant intimement contre l'arbre, elle forme au-dessous d'elle une chambre close où l'humidité reste assez abondante pour que les racines y demeurent vivantes et actives. Grâce à cette disposition, ce végétal se maintient en des points où mourraient infailliblement toutes les plantes voisines. D'autres fois, comme dans une Asclépiadée très remarquable, le *Conchophyllum*, ce sont les feuilles qui jouent le rôle de la tige dans le cas précédent : elles forment comme une série d'écailles dont les bords seraient soudés contre la branche desséchée sur laquelle elles vivent, imitant ainsi la carapace de certains Mollusques ou Insectes.

Mais une transformation plus étrange encore nous est offerte par une autre Asclépiadée de Java, le *Dischidia Rafflesiana*.

La tige de cette espèce est grêle, pourvue de place en place d'urnes dont l'orifice très étroit sert de passage à une racine adventive qui remplit la cavité de ses ramifications. (*fig.* 97, p. 155). Lorsqu'on examine quelle est la structure de ces organes, on voit que ce sont des feuilles repliées sur elles-mêmes de manière à protéger la racine, tout en gardant cependant un orifice pour recevoir l'eau de pluie. Dans ces réceptacles, on trouve quelquefois des fourmis, et certains auteurs avaient pensé que c'était pour attirer ces animaux que la nature avait travaillé ; qu'elle avait surtout songé à dresser des pièges contre eux ; mais comme on trouve des fourmis vivantes aussi bien que des fourmis mortes dans ces cavités, cette opinion, comme le fait remarquer M. Treub, ne semble pas fondée. Le revêtement cireux qui s'observe sur l'épiderme interne de ces outres s'oppose d'ailleurs à l'absorption des liquides par les feuilles ; aussi, même pendant la saison sèche, restent-elles longtemps remplies d'eau ; grâce à cette particularité, les racines gardent leur activité absorbante pendant la période la plus redoutable pour la plante, et la métamorphose des feuilles peut être regardée comme une adaptation contre la dessiccation.

La diversité tout à fait curieuse des transformations qu'ont dû subir les représentants de la flore des parties hautes des forêts vierges justifie le rapprochement que nous faisions plus haut avec les plantes qui croissent sur les rochers des cascades tropicales.

Il y a d'ailleurs fréquemment de grandes analogies entre les plantes qui vivent dans l'air à la surface des rochers et celles qui habitent sur les arbres, surtout si les places dénudées et rocheuses sont exposées à l'ardeur du soleil. On y trouve souvent un certain nombre d'épiphytes comme des Fougères, des Orchidées, des Broméliacées (*Æchmea*) ; on y rencontre aussi des Cactées, le *Cereus triangularis* qui s'observe également sur les branches. Il y a cependant des représentants de certains groupes comme les Bégoniées qui s'installent volontiers sur les rochers et qui ne se rencontrent jamais sur les arbres ; il en est de même de diverses Broméliacées terrestres, comme les *Pitcairnia* et les *Dyckia*. En somme, on le voit, la flore des rochers exposés à l'air est intermédiaire entre la

flore terrestre et la flore épiphyte ; elle s'étend d'ailleurs sur une aire plus grande que cette dernière.

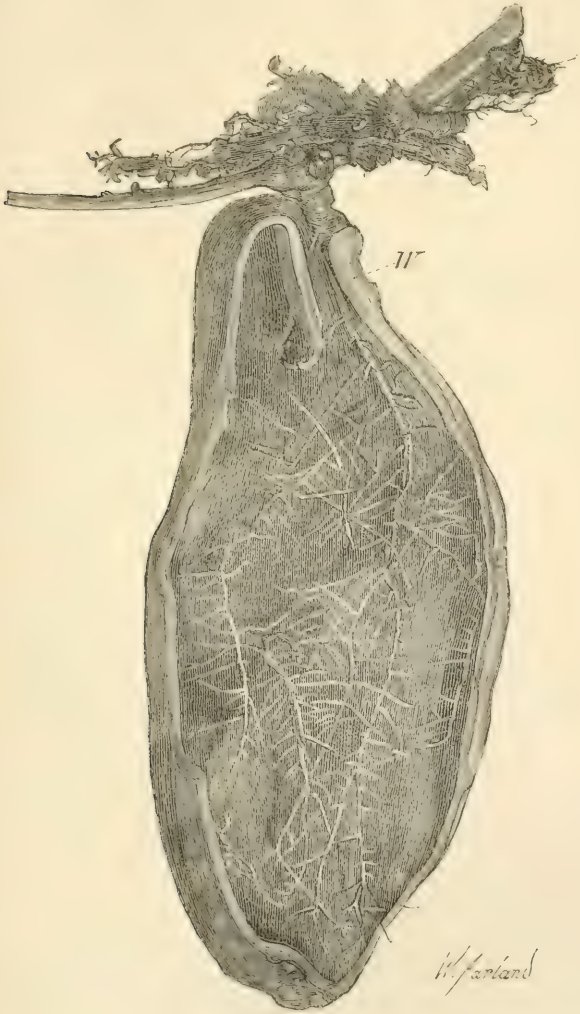


Fig. 97. — *Dischidia Rafflesiana.* L'urne qui pend ainsi attachée à une tige est une feuille ; à l'intérieur du réceptacle est une racine nourricière (d'après M. Gœbel).

La diffusion des plantes épiphytes est cependant assez grande à la surface du globe, même en dehors de la flore

équatoriale : on les retrouve en grande quantité dans la république Argentine, dans les domaines du Chili méridional et dans le sud des États-Unis. Il est évident, par la nature des espèces, que ces végétaux sont sortis du domaine tropical, en s'étendant de proche en proche vers le nord et vers le sud. Si en Europe ces formes végétales n'existent pas, cela doit tenir à l'histoire géologique de ce pays : à l'existence de la Méditerranée et du désert du Sahara, qui constituent deux obstacles insurmontables qui ont dû arrêter depuis longtemps l'extension des espèces aériennes dans les contrées septentrionales. Aussi, quand nous observons au Japon et dans la Nouvelle-Zélande une flore épiphyte remarquable, sommes-nous conduits à penser que ces deux pays ont dû être reliés à une époque peu reculée à des régions tropicales ; par l'étude de la flore de ces îles, d'autres considérations viennent corroborer cette opinion.

En somme, nous constatons que la flore aérienne peut exister sur des domaines très divers ; on peut l'observer sur les arbres des forêts vierges épaisses, on peut la rencontrer également sur les bosquets disséminés dans les savanes et les campos. Dans le premier cas, il y a trois types de plantes épiphytes bien distincts : celles qui habitent les branches inférieures (les Broméliacées vertes, comme les *Vriesia*, les *Nidularia ;* les Orchidées sans tubercules, comme les *Zygopetalum ;* les *Hymenophyllum*, les Lycopodes), celles qui s'installent sur les grosses branches (pour y former les espèces géantes), celles qui croissent sur la couronne des arbres (Tillandsiées grises, Orchidées à tubercules, Polypodes à consistance de cuir). Dans les savanes, la sécheresse est plus grande et on y rencontre surtout les espèces de la couronne de la forêt vierge (des Tillandsiées grises, des Cactées comme les *Rhipsalis*, des Orchidées à feuilles épaisses, des Aroïdées, des Artocarpées).

La vie épiphyte a dû être plus développée autrefois qu'à l'heure actuelle, quand la flore tropicale avait une plus grande extension qu'aujourd'hui. Elle a pu contribuer à imprimer à l'évolution de certaines familles une direction déterminée. Nous ne pouvons faire à ce propos que des conjectures, mais elles ne sont probablement pas sans fondement. Parmi les groupes qui semblent avoir subi le plus profondément les conséquences de ce mode d'existence, on peut surtout citer les Orchidées ; il paraît vraisemblable d'admettre que l'épi-

phytisme, qui prédomine dans presque tous les groupes de cette famille avant tout tropicale, ait pu avoir une influence sur l'organisation des graines ou du moins sur leur légèreté. La question de savoir si c'est la vie aérienne qui a amené l'atrophie de l'embryon chez ces plantes, caractère général des Orchidées, reste douteuse, car nous ne retrouvons pas cette particularité dans les autres épiphytes ; il paraît plus probable que c'est le saprophytisme, sur lequel nous reviendrons plus tard, qui a ainsi imprimé sur ces végétaux sa marque indélébile. L'épiphytisme, en tous cas, n'a pu que perfectionner un caractère qui était si utile pour la vie aérienne.

L'atrophie de l'embryon et la légèreté des graines ont dû avoir comme conséquence la multiplication des ovules, ce qui a entraîné la nécessité d'un grand nombre de tubes polliniques pour en opérer la fécondation. Or, dans la plupart des plantes, la poussière fécondante mâle est prodiguée en pure perte ; le vent la disperse au loin et la plus grande partie reste sans emploi. Supposons que chez les Orchidées le pollen soit déposé seulement en petite quantité sur le stigmate, il n'y aura qu'un petit nombre d'ovules fécondés ayant eux-mêmes très peu de chances de donner des graines allant jusqu'à la germination. Avec une structure ordinaire de l'anthère et du pollen, les Orchidées avaient donc de grandes chances de périr ; elles ont dû obvier à ce grave danger, et il semble que la sélection a dû se faire parmi les individus qui agrégeaient leur pollen à l'aide de masses glutineuses et qui en formaient des pollinies. Ces grains étant déposés en quantité énorme sur le stigmate, il pouvait naître un grand nombre de graines.

Mais le perfectionnement précédent ne pouvait se produire que si le pollen ainsi agglutiné en une masse était bien déposé sur le stigmate, car sans cela la plante n'avait plus aucune chance de fécondation. Or, ce dépôt, nous le savons, se fait par l'intervention des insectes. Nous avons d'ailleurs un moyen bien simple de nous en rendre compte ; depuis que la mode s'est introduite en Europe de cultiver les magnifiques Orchidées exotiques, dont chacun a pu admirer les fleurs superbes dans les expositions horticoles, on sait combien la durée de leur floraison est remarquable, elle se prolonge quelquefois quatre à cinq mois. Cela tient évidemment à ce qu'elles n'ont pas été fécondées, car, quand elles le sont, elles se fanent de

suite ; si elles restent ainsi stériles, c'est qu'il n'y a pas, dans nos serres d'Europe où on les cultive les insectes indispensables pour transporter le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre.

Darwin a d'ailleurs montré quel mécanisme était utilisé pour opérer cette fécondation : l'insecte en visitant une première fleur touche avec sa tête une partie gélatineuse appelée rétinacle, qui est en relation avec la pollinie par un pédicelle nommé caudicule ; quand cet animal quitte la fleur, il emporte ainsi toute la masse pollinique avec son pédicelle qui se contracte pendant le vol, de sorte que, lorsque l'insecte vient devant une autre fleur, la pollinie arrive nécessairement droit sur le stigmate et opère la fécondation.

A la suite de Sprengel et de Darwin, divers auteurs ont voulu faire jouer aux insectes un rôle trop prépondérant dans l'histoire de l'évolution de la fleur des Phanérogames. M. Bonnier, M. Plateau ont montré ce qu'il y avait d'exagéré dans cette théorie. Il est bien certain que tout n'est pas uniquement disposé dans la fleur en vue de la visite des insectes ; il y a d'autres facteurs essentiels qui ont dû orienter les métamorphsose de cet organe : nous avons signalé ailleurs le rôle de la chaleur, de la lumière, de la pesanteur et de l'eau ; la nutrition du végétal et aussi des pressions qui s'exercent dans le bourgeon floral doivent aussi intervenir dans ses transformations (1). Malgré cela, nous croyons cependant que dans le développement de la famille des Orchidées les insectes ont pu intervenir, car leur présence est indispensable pour assurer la fécondation, et l'hypothèse que nous avons formulée plus haut nous laisse entrevoir les raisons primitives qui ont dû rendre nécessaire cette intervention (2).

(1) M. Henslow attribue aux animaux visiteurs des fleurs des phénomènes d'hypertrophie qui ont dû, selon lui, se produire comme conséquences des pressions, des irritations produites dans les tissus par suite de leur présence. Cette idée est intéressante, mais les expériences manquent encore pour l'étayer.

(2) D'après M. Kerner de Marilaun, il y aurait des plantes pour lesquelles des dispositions spéciales favorisent non le croisement par l'intervention des insectes, mais, au contraire, l'autofécondation.

QUATRIÈME PARTIE

LES PARASITES

CHAPITRE XIV

GÉNÉRALITÉS SUR LES PARASITES

Nous avons admis, au début de la troisième partie, que les graines, en germant sur les branches des arbres, n'en perforaient pas l'écorce. Il nous faut maintenant aborder l'examen d'une nouvelle catégorie de plantes pour lesquelles cette perforation devient la règle ; on sait qu'elles constituent ce que l'on appelle les parasites.

Bien que le parasitisme soit une des questions les plus intéressantes de la biologie, elle est en somme — au moins en botanique — une des moins étudiées. La difficulté des recherches sur ce sujet tient surtout à ce que les êtres qui en font l'objet ne se prêtent pas à l'expérimentation, ou du moins cette méthode, seule rigoureuse, n'a été que très peu employée pour eux jusqu'ici. Le plus souvent d'ailleurs il semble que les parasites soient incapables de vivre en dehors de leur hôte, et on traduit ce fait en disant que leur parasitisme est nécessaire.

Les conditions du développement de ces végétaux sont donc étroitement fixées, on connaît même des Phanérogames nuisibles qui n'ont été signalées que sur une seule espèce hospitalière, comme le *Loranthus aphyllus* qui habite toujours le *Cereus peruvianus* ou la Cuscute qui ne vit que sur le Lin.

Ce cas est, en somme, très rare, et le plus souvent les affi-

nités électives d'un parasite se manifestent par ce fait qu'on ne l'observe que sur les représentants d'une famille ou d'un genre. L'*Orobanche gracilis* ne se rencontre que sur les Papilionacées le *Loranthus europæus* que sur les Quercinées ; l'*Orobanche caryophyllea* ne s'attaque qu'aux diverses espèces du genre *Galium*, le *Cytinus hypocystis* n'envahit que les Cistes.

Il est cependant des types qui vivent aux dépens d'un grand nombre d'espèces très différentes et appartenant aux familles les plus éloignées ; ils sont particulièrement intéressants à étudier parce que l'installation d'un parasite sur un hôte ne se fait pas au hasard et que l'on peut entrevoir ainsi quelles causes ont dû intervenir pour favoriser ou entraver l'évolution de la vie parasitaire.

M. Scott s'est livré à une recherche de cet ordre sur le *Loranthus longiflorus* qui, dans l'Inde, a été observé sur les végétaux les plus divers. Il y a cependant des espèces sur lesquelles on ne le rencontre jamais et qui se trouvent exclues de la liste des hôtes pour des raisons très diverses et très suggestives. Il peut arriver d'abord que l'arbre à la surface duquel les graines de la Loranthacée sont accidentellement déposées présente une écorce écailleuse ou papyracée qui s'exfolie rapidement, de sorte que les suçoirs n'ont ni le temps, ni la possibilité de pénétrer dans les parties profondes (*Melaleuca*, *Melrosideros* et diverses autres Myrtacées ; *Adansonia*, *Ailanthus*, etc.). Dans d'autres cas, les branches sont toujours très fortement ombragées à cause de l'épaisseur du feuillage, il en résulte que la lumière ne pourrait arriver jusqu'au *Loranthus ;* c'est vraisemblablement ce fait qui contribue à rendre certaines espèces inattaquables par le parasite (1). Quand, par hasard, le *Loranthus longiflorus* se développe sur un arbre à frondaison épaisse (sur le *Lagerstroemia Reginæ*, par exemple), c'est qu'il modifie sa constitution et se transforme en un individu qui perd ses feuilles au lieu de rester toujours vert, comme c'est le cas d'ordinaire. Enfin, sur une plante qui contient des matières âcres, amères, astringentes, la vie parasitaire ne doit pas réussir ; c'est évidemment à cette cause qu'il faut attribuer l'absence de parasites sur les *Hæmatoxylon*,

1 *Artocarpus*, *Jambosa*, *Nephelium*, *Garcinia*, à feuillage persistant : *Sterculia*, *Erythrina*, à feuillage caduc.

les *Acacia catechu*, les *Brucea*, les *Simaruba*, les *Averrhoa*. Quelquefois une espèce d'un genre a un suc amer qui manque aux autres ; dans ce cas, la première espèce est toujours intacte tandis que les autres sont souvent attaquées : ceci est vrai, par exemple, pour le *Melia Azederach*, qui qui est amer, et les *M. composita* et *sempervirens* qui ont des sucs doux. La présence de matières résineuses peut d'ailleurs avoir les mêmes effets que les substances précédentes ; aussi les *Styrax*, les *Dipterocarpus* ne sont-ils jamais envahis.

Cependant, même quand un parasite élit domicile sur des êtres très divers, il ne semble pas les affectionner tous également. Le Gui s'observera, par exemple, plus souvent sur les Pommiers et les Peupliers, beaucoup plus rarement, au contraire, sur les Chênes (1). Les traditions religieuses de l'ancienne Gaule étaient d'ailleurs en étroite relation avec la remarque précédente : on sait que les Druides recueillaient en grande pompe le Gui dès qu'il apparaissait sur le Chêne (2) ; la présence accidentelle de ce parasite sur cet arbre de nos

(1) On a cru longtemps que le Gui du Chêne n'était que *Loranthus europæus*. Willkomm a fait justice de cette erreur : le *Viscum album* peut apparaître sur le Chêne, mais très rarement. Il a été observé dans le Doubs en 1859, dans la forêt de Jeugny en 1878.

(2) « Aux yeux des Druides, dit Pline l'Ancien, rien n'est plus sacré que le Gui et l'arbre qui le porte, si toutefois c'est un Chêne Rouvre. Le Rouvre est déjà par lui-même l'arbre dont ils forment les bois sacrés ; ils n'accomplissent aucune cérémonie sous le feuillage de cet arbre. Tout Gui venant du Rouvre est regardé comme un envoyé du ciel ; ils pensent que c'est un signe d'élection que le dieu même a faite de l'arbre. Le Gui du Rouvre est extrêmement rare, et, quand on le trouve, on le cueille avec un très grand appareil. Avant tout, il faut que ce soit le sixième jour de la lune, jour qui est le commencement de leur mois, de leurs années, de leurs siècles qui durent trente ans. Ils l'appellent d'un nom qui signifie remède universel. Ayant préparé, selon les rites, sous l'arbre, des sacrifices et un repas, ils font approcher deux taureaux de couleur blanche, dont les cornes sont attachées alors pour la première fois. Un prêtre vêtu de blanc monte sur l'arbre et coupe le Gui avec une serpe d'or, on le reçoit dans une saie blanche ; puis on immole les victimes, en priant que le dieu rende le don qu'il a fait propice à ceux auxquels il l'accorde. On croit que le Gui pris en boisson donne la *fécondité* à tout animal stérile et qu'il est un remède contre les poisons. » Nous verrons à la fin de ce volume pourquoi le Chêne était plus particulièrement sacré ; nous pouvons d'ailleurs remarquer ici une convergence vers le culte de Vénus symbolisant la fécondité. Encore aujourd'hui dans certaines régions de la Norvège (convertie très tardivement au christianisme), le Gui est regardé par les paysans comme préservant de certains dommages.

forêts était considérée par les peuples primitifs comme un fait étrange, mystérieux et sacré (1).

Il y a d'ailleurs, au point de vue de l'habitat du Gui, des changements suivant les localités. Sur le Rhin, par exemple, cette espèce se trouve surtout sur le Pommier; dans la Marche de Brandebourg, elle est hébergée par le Pin; tandis qu'en Prusse c'est le Peuplier qui la nourrit. L'*Arceuthobium Oxycedri*, qui s'observe en Europe sur le *Juniperus Oxycedrus*, ne se rencontre dans l'Amérique du Nord, où cet arbre manque, que sur les espèces du genre *Pinus*.

Les faits singuliers de distribution géographique peuvent d'ailleurs avoir une autre cause assez simple : il se peut qu'il y ait de légères différences entre les types de Gui qui végètent sur des arbres appartenant à des groupes éloignés et que ces variétés correspondent à des ébauches de races distinctes. Ces dissemblances ont d'ailleurs été constatées par M. Kronfeld qui a observé des variations dans la taille des feuilles et dans celle de l'embryon suivant la nature des hôtes : le Gui qui pousse sur le *Pinus nigricans*, notamment, a les feuilles très petites ; les plus grandes feuilles ont été, au contraire, signalées pour les parasites du *Robinia*.

Nous entrevoyons donc encore ici que la vie parasitaire n'a pas plus que tout autre mode d'existence entravé l'évolution des plantes. Les parasites se modifient encore actuellement sur les arbres comme ils ont dû autrefois se transformer en s'y

(1) Cette conception des Druides sur le Gui qui paraît, au premier aspect, très différente de celle qui a contribué à rendre divin le Figuier des pagodes pour les anciens Indiens, n'en est pas éloignée, en somme, car ce *Ficus* n'acquérait son caractère religieux que lorsqu'il poussait (non en parasite, mais en épiphyte) sur l'*Acacia suma* (?). Le parasitisme semble donc avoir joué un rôle capital dans l'histoire des religions de l'Inde, de la Gaule et même de l'Italie et de la Grèce; c'est un fait très intéressant déjà signalé par Kuhn et Baudry dans leurs études sur les mythes du feu. Le feu du sacrifice s'engendre en faisant tourner un bâton de *Ficus religiosa* (pramantha) à l'intérieur d'un trou pratiqué dans une planchette d'*Acacia* (arani). Selon Sénèque, à Rome, le Laurier et le Lierre, qui s'accroche après lui en pseudoparasite, servaient à l'accomplissement de cet acte saint. Théophraste dit également que « le Lierre est le meilleur » pour obtenir le feu. Selon le Rig Veda, le feu sacré, le divin Agni, prenait naissance par une véritable génération. Le pramantha était mâle, et l'arani femelle. D'où cette conception singulière que le feu est caché dans les plantes qui le reçoivent des nuages par la pluie : le feu des arbres est donc le même que celui des nuages, la foudre).

installant. On connaît d'ailleurs quelques Phanérogames, mais en très petit nombre, qui paraissent être encore à ce dernier stade évolutif. C'est l'hypothèse du moins que l'on peut faire pour les végétaux qui peuvent vivre à la fois sur les arbres et à terre.

Il y a lieu de penser aussi qu'à côté d'espèces qui sont en train de devenir parasites il peut y en avoir d'autres qui renoncent actuellement à ce mode d'existence.

La précédente manière de voir est évidemment hypothétique, mais elle a l'avantage de nous permettre de grouper des faits qui seraient épars sans elle et inexplicables. Comment se fait-il, en effet, qu'il existe parmi les Loranthinées, dont le Gui est le représentant bien connu de nos pays, des types non parasites, ce groupe étant essentiellement composé de végétaux qui vivent sur les arbres ? Si la remarque précédente s'applique à une espèce isolée d'un genre composé surtout de plantes menant la vie aérienne, on peut être tenté d'en conclure qu'il s'agit d'une forme retournée depuis peu à la vie terrestre. Si cette conclusion s'impose presque fatalement pour une espèce isolée au milieu d'un genre, ne peut-on pas aussi l'appliquer à une tribu intimement liée à un groupe beaucoup plus vaste de végétaux parasites ? Le *Phenicanthemum terrestre* est très vraisemblablement une forme qui végète depuis peu sur le sol, puisque tous ses congénères s'observent sur les branches d'autres plantes. Nous trouvons d'ailleurs dans la même alliance des Loranthinées des espèces qui peuvent être parasites ou non, c'est ce qui a été constaté par exemple pour les *Neophylum scandens* et *arlense*. De là on peut concevoir que dans l'immense légion des représentants du même groupe où la vie parasitaire est le mode d'existence prédominant, presque unique, certaines subdivisions comme les Gaiadendrées aient pu retourner à la vie terrestre. Ce qui semble d'ailleurs justifier jusqu'à un certain point cette conception, c'est que dans cette sous-famille il y a encore place pour des types parasites (1) à côté de nombreuses espèces terrestres.

(1) Six espèces de *Gaiadendron* de l'Amérique et l'*Atkinsonia* d'Australie sont terrestres ; les *Desmaria* sont parasites. Nous verrons d'ailleurs plus loin que cette interprétation paraît s'accorder avec la différenciation de l'ovule (voir p. 204). Les Nuytsiées constituent probablement aussi un groupe qui a renoncé au parasitisme.

M. Scott est d'ailleurs arrivé à une conclusion très analogue par des considérations tout à fait différentes, s'appliquant à une autre catégorie de parasites vivant sur les racines d'autres végétaux.

Les organes atteints par les espèces nuisibles ne sont pas seulement les branches et le tronc, les parties souterraines des plantes nourricières peuvent être également envahies par elles. Le mode d'existence de ces êtres néfastes est alors souvent moins facile à découvrir, surtout s'il s'agit de formes présentant la couleur verte ; dans ce cas, le parasitisme est resté longtemps ignoré et c'est quelquefois un hasard qui l'a fait découvrir. Cela se conçoit surtout lorsqu'il s'agit d'un arbre ayant tous les caractères d'une plante vivant normalement aux dépens des matériaux nutritifs qui existent dans le sol : tel est le cas du *Santalum album* que M. Scott a eu l'occasion d'étudier dans l'Inde. Il remarqua un jour qu'un individu de cette espèce perdit ses feuilles sans cause apparente ; il se livra à une enquête pour découvrir l'origine de ce phénomène et apprit qu'on avait, peu de temps avant, coupé une Araliacée qui poussait dans le voisinage (1). Le *Santalum* appartenant à une famille dans laquelle les parasites étaient bien connus dans les pays septentrionaux, il fut amené ainsi à penser que c'était la disparition de l'Araliacée qui avait causé l'altération de l'arbre. Le parasitisme fut d'ailleurs confirmé par l'étude du sol où croissaient les deux plantes, c'était à l'aide de suçoirs qui s'enfonçaient dans les racines de la plante voisine que se nourrissait le Santal.

Dans l'expérience accidentelle étudiée par M. Scott, l'arbre avait perdu ses feuilles, mais n'était pas mort du traitement qu'il avait subi, son parasitisme pouvait donc paraître facultatif : cette manière de voir fut d'ailleurs confirmée par la culture dans un sol absolument dépourvu de toute espèce adventice (2).

(1) L'*Heptaleurum umbraculiferum*.

(2) D'autres cas de parasitisme facultatif ont été signalés chez les Phanérogames, notamment pour des Scrofularinées appartenant aux genres *Pedicularis* et *Bartsia* par M. Regel, et pour une Ericacée-Ptérosporée, le *Sarcodes sanguina*, par M. Meeham. Le cas des Euphrasies que nous étudierons plus loin est également intéressant (voir p. 185).

A-t-on affaire, dans ce cas, comme pour ceux que nous avons examinés plus haut, à une espèce en train d'abandonner le mode de vie parasitaire ? M. Scott incline vers cette manière de voir, car il fait remarquer que lorsque cette plante végète, dans un sol dépourvu de racines, elle n'en forme pas moins cependant les renflements appelés suçoirs qui normalement lui servent à perforer son hôte. Cet auteur est amené à penser que, dans une période antérieure, le parasitisme était beaucoup plus important que maintenant, car, même quand ce végétal rencontre des racines, le nombre des suçoirs qui se forment est toujours plus élevé que ceux qui se fixent sur l'hôte. Dans les véritables parasites, on ne trouve pas de pareille prodigalité d'organes nourriciers ; ici de très nombreux suçoirs sont sans fonction. La considération des organes rudimentaires fournit toujours, comme on le sait par l'étude de la zoologie, de précieux renseignements sur l'orientation de l'évolution.

Il y a donc très vraisemblablement parmi les parasites des racines comme parmi les parasites des tiges des espèces qui retournent actuellement à la vie normale terrestre. Cette conclusion peut nous amener à une autre question : les deux catégories d'espèces que nous venons de mentionner sont-elles séparées par un abîme infranchissable ? Une plante dont la nutrition s'opère aux dépens d'un organe souterrain sera-t-elle capable de croître sur un organe aérien ? Le plus ordinairement tous les représentants d'une famille végètent aux dépens d'un seul et même organe : les Loranthinées sont toujours des parasites de tiges, les Balanophorées toujours des parasites de racines. Les exceptions à cette règle sont rares : les Cuscutes et les *Cassytha* attaquent les feuilles et les tiges ; les *Cytinus* se montrent sur les branches et sur les racines. Parmi les Rafflésiacées, les *Rafflesia* et les *Brugmansia* croissent sur les racines, tandis que les *Pilostyles* envahissent les branches (1).

En laissant de côté ces derniers cas, qui sont très peu nombreux, on peut dire que tous les parasites qui se ressemblent

(1) Rien ne s'oppose de plus à ce qu'un parasite soit lui-même attaqué par un autre : le Gui porte quelquefois le *Loranthus europæus ;* le *Dendrophthora epiviscum* envahit souvent le *Phoradendron rubrum ;* le *Loranthus dichrous* s'observe sur l'*Osyris alba.*

vivent de la même façon. Il n'est pas invraisemblable d'admettre, d'après cela, que les parasites qui vivent sur les branches et ceux qui vivent sur les racines aient eu des origines très différentes : les premiers venant de plantes aériennes (épiphytes), les autres de végétaux terrestres (arbres, herbes ou lianes). Bien que non certain, ce résultat ne paraît pas impossible, car nous sommes amenés à distinguer, avec M. Johow, dans l'ensemble des plantes que nous étudions, trois types qui correspondent en somme aux épiphytes, aux lianes et aux espèces arborescentes ou herbacées.

Nous pouvons diviser en effet les parasites en trois groupes :

1° Les épiphytoïdes ;

2° Les lianoïdes ;

3° Les épirhizoïdes ;

Épiphytoïdes. — On pourrait être tenté de penser que les végétaux qui se rattachent à la première de ces trois catégories seront les plus dégradés à cause de leurs analogies avec les espèces épiphytes, végétaux présentant des déformations extraordinaires et remarquables. Cependant, en réfléchissant un peu à cette question, on s'aperçoit que le mode de vie parasitaire permet de résoudre très aisément la plupart des problèmes physiologiques qui étaient intimement liés à la vie épiphyte et qui la rendaient si précaire. Le parasite n'a pas, en effet, à se préoccuper autrement de la fixation, puisqu'il enfonce profondément un suçoir dans le corps de son hôte et qu'il est par cela même solidement attaché à son support ; il n'a pas non plus à redouter les dangers qui résultent de l'absence d'eau, puisqu'il trouve dans la sève de l'arbre une source qui ne tarit point.

La grande question, celle qui domine tout pour lui, au moins au début de la vie, c'est le moyen de pénétrer dans l'hôte. Comment d'abord les graines sont-elles transportées sur l'arbre ? C'est encore, comme pour une partie notable des épiphytes, grâce à l'intervention des animaux que ce transport a lieu. Les Grives se chargent de ce soin pour le Gui, elles avalent les fruits entourés de leur matière glutineuse qui, bien que souvent dilacérée, traverse cependant en masse compacte le tube digestif. C'est là un fait très anciennement connu et les Romains, qui l'avaient observé aussi bien que les Grecs, disaient que les Grives produisent la glu qui doit servir à les

prendre (1). Le passage de la graine au travers du tube digestif d'un animal n'est d'ailleurs pas nécessaire pour réaliser la germination du Gui, c'est là un point qui a été déjà établi depuis longtemps par Duhamel (2); cette observation a son intérêt, car c'est grâce à elle que la physiologie des premières périodes de la vie de cette plante a pu être étudiée avec précision.

A l'aide de la matière visqueuse qu'il contient, le fruit transporté sur l'arbre y est non seulement retenu, mais la présence de la viscine (c'est ainsi qu'on désigne cette substance gluante) permet, en outre, la germination dans les milieux les plus dépourvus d'humidité. M. Kronfeld a montré qu'elle réussit sur le bois, sur le verre (3), sur le fer blanc; elle a même lieu, selon M. Gjokie, sous un exsiccateur. D'après ce dernier observateur, la protection de l'embryon contre la dessiccation est assurée grâce à l'épaississement d'une forte couche de cire qui s'observe sur l'épiderme de l'albumen.

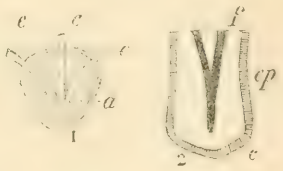


Fig. 98 et 99. — 1 Germination du Gui; *e*, embryon; 2, extrémité de l'axe de la plantule; *ep*, épiderme; *c*, région où devrait être la coiffe; *f*, faisceaux vasculaires.

L'organe qui apparaît au moment de la germination d'une graine chez une plante quelconque est d'ordinaire la radicule; pour le Gui, il n'en est pas ainsi, c'est l'axe hypocotylé qui se présente d'abord, et si la petite racine ne se montre pas, cela tient à une cause bien simple, c'est qu'elle n'existe pas. La tigelle est traversée dans toute sa longueur par deux faisceaux vasculaires bien différenciés (*fig.* 99, 2), dans lesquels on distingue déjà une partie libérienne et une partie ligneuse avec des trachées; l'organe est recouvert par un épi-

(1) *Turdus ipse sibi perniciem cacat* est un proverbe aussi grec que romain. Le nom allemand du Gui, *Mistel*, rappelle que c'est dans le fumier (*Mist*) qu'on le trouve. Le rôle des oiseaux, dans ce cas, a été regardé comme mystérieux, et M. Fr. Baudry a pu dire : « Le parasite est considéré comme apporté directement du ciel par l'oiseau divin », l'oiseau incendiaire ou Agni le lumineux, le feu, « ou comme planté par le tonnerre ». Schwartz le compare à l'éclair.

(2) En 1740.

(3) On a vu germer un Gui sur une vitre d'une fenêtre.

derme dont la face externe est fortement cuticularisée. Vers le bas, les deux faisceaux se rapprochent, puis se réunissent en un seul faisceau axile qui se termine presque aussitôt par quelques cellules un peu allongées de parenchyme. A la base, il y a un cône recouvert sans interruption par l'épiderme puissamment cuticularisé de la tigelle.

Telle est la description si nette donnée de cet embryon par M. Flahault, qui en conclut que « ce cône surbaissé ne peut dans cet état représenter un début de racine, puisqu'il est dépourvu de système vasculaire et de toute trace de coiffe ». Nous ferons cependant remarquer qu'il nous semble préférable d'exprimer ces résultats en disant que la racine est très rudimentaire, car les recherches nouvelles de M. Van Tieghem ont mis en lumière des types de racines dans lesquels la coiffe ne se forme pas où l'épiderme reste simple. Quant au système vasculaire, il se différencie plus tard, son évolution est seulement retardée. L'atrophie de la coiffe s'observe dans un certain nombre de plantes aquatiques, et c'est là probablement une action du milieu. Comment ne pas être conduit à penser qu'il s'est produit quelque chose d'analogue pour le Gui. C'est d'ailleurs l'opinion à laquelle s'arrêtait M. Flahault en 1878. « Nous ne pouvons donc rien déduire de l'étude de cet embryon, disait-il, au point de vue qui nous occupe, sinon que le *parasitisme lui imprime un caractère d'infériorité* qu'on retrouve dans d'autres parties de cette plante. »

On ne saurait mieux dire, et comment expliquer un tel caractère en dehors de la théorie de l'évolution ?

Dans les *Viscum* tropicaux (*articulatum* et *orientale*), qui vivent dans des pays très humides, la germination s'effectue avec addition d'eau, il n'est donc pas nécessaire pour la graine d'avoir une protection contre la dessiccation aussi forte que celle que nous venons de décrire dans le cas du Gui : l'épiderme de l'albumen n'a, en effet, qu'une cuticule peu épaisse et dépourvue de cire (1).

L'adaptation du parasite aux conditions de vie se manifeste encore d'une manière très claire par l'action qu'exerce sur lui la lumière. C'est un physiologiste français, Dutrochet, qui a mis ceci en évidence. Il remarqua que « l'absence de lumière

(1) D'après M. Gjokic.

fait mourir les plantules au bout de quelque temps ». Ce résultat que M. Wiesner a confirmé n'est cependant pas absolu. M. Kronfeld a montré, sur une centaine d'essais de germinations à l'obscurité, qu'on pouvait réussir quelques-unes de ces cultures, trois pour cent par exemple. Ces trois cas exceptionnels peuvent sans doute s'expliquer si on admet que le Gui dérive de plantes qui autrefois germaient à l'obscurité dans la terre ; mais, depuis un très grand nombre de générations, la germination s'opérant sur les arbres en pleine lumière, la petite plantule ne peut plus maintenant se passer de radiations lumineuses. Ce besoin s'explique d'ailleurs aisément, car M. Wiesner a montré que la croissance de ce végétal était complètement abolie à l'obscurité ; c'est là une propriété singulière, si l'on se rappelle que la plupart des plantes croissent beaucoup plus à l'ombre qu'en plein soleil. Cette anomalie remarquable a une grande utilité pour le Gui, puisque c'est grâce à elle que la fixation peut s'opérer sur l'écorce de l'arbre (1).

Quand une graine d'une plante normale germe en terre, la radicule sort la première, et, se courbant sous l'influence de la pesanteur, dirige sa pointe verticalement vers le bas. Si la germination du Gui se faisait de cette façon, la petite racine serait immédiatement desséchée, puisqu'elle pendrait dans l'air. Ce n'est pas ainsi que les choses se passent pour cette dernière plante, puisque la radicule est atrophiée, et l'expérience suivante de Dutrochet montre que la lumière intervient pour orienter l'axe hypocotylé vers l'écorce de l'arbre : ayant placé des graines de Gui dans un tube de bois qu'il éclairait par la partie inférieure, il vit que la jeune pousse se dirigeait vers le haut. Cette action directrice de la lumière intervient d'une manière prépondérante pour donner à la plantule son orientation définitive ; sa sensibilité vis-à-vis de la radiation lumineuse est si grande qu'elle masque complètement sa réaction vis-à-vis de la pesanteur (2), de sorte que l'on pourrait être tenté de croire que cette dernière n'existe pas. Grâce à ce phototropisme négatif de l'axe hypocotylé, la pointe

(1) Voir p. 151 ce que nous avons dit sur les épiphytes.

(2) M. Wiesner a démontré que l'axe hypocotylé est négativement géotropique ; cette propriété se manifeste surtout pour les espèces de Loranthinées tropicales.

de l'embryon fuit la lumière et s'applique contre l'écorce de l'arbre. C'est donc en retardant la croissance de sa radicule et en modifiant sa sensibilité à l'action de la lumière et de la pesanteur que le Gui s'est accommodé aux conditions d'existence imposées par le parasitisme.

Dans les régions tropicales, plusieurs *Viscum* étudiés par M. Wiesner présentent des propriétés analogues à celles que nous venons de décrire; cependant la germination des embryons peut s'opérer à l'obscurité, mais avec une lenteur bien plus grande qu'à la lumière; ces variations de la croissance suffisent pour rendre l'axe hypocotylé négativement phototropique comme dans le cas du Gui. Ainsi que dans les espèces d'Europe, le fruit contient de la viscine, mais cependant en quantité moindre. Cette matière sert ici surtout à fixer les graines aux arbres, car, selon M. Keeble, les oiseaux n'interviennent pas pour leur transport.

Une fois la base de l'axe hypocotylé du Gui appliquée contre le support, on constate un élargissement de cette région, il se forme ainsi un disque qui s'aplatit probablement par suite de la pression (1); plus tard, ainsi que Pietra l'a montré, la partie inférieure devient concave, puis les cellules de la partie médiane s'allongent et pénètrent dans l'écorce amollie de la branche. La pointe de l'axe hypocotylé s'est donc transformée en un organe nouveau, un disque fixateur, qui lui-même produit un appareil inconnu pour nous, qu'on désigne sous le nom de suçoir. A l'intérieur de ce suçoir primaire, il apparaît dans le courant de l'année et pendant les suivantes un cordon central de vaisseaux; quant à son allongement, il a lieu par les parties basilaires restées à l'état de méristème. La deuxième année, après que les cotylédons qui sont restés dans l'albumen sont desséchés, il se développe deux premières feuilles végétatives; si le bourgeon terminal est détruit, le suçoir se différencie cependant malgré cela.

Quand le suçoir primaire est formé, il se produit des *cordons suceurs corticaux* qui sont des organes dépourvus d'épiderme, présentant un cordon central de vaisseaux, un paren-

(1) Selon Dutrochet, le substratum exercerait une attraction sur la germination, car, quand elle est placée à l'ombre, elle se fixe sur un objet de bois placé à une distance de 3 à 4 millimètres; Pietra pense, au contraire, qu'il n'y a qu'une action de la lumière.

chyme cortical vert avec des membranes durcies et ponctuées. Ces cordons sont enfoncés dans l'écorce de l'hôte ; leur sommet est libre, jaune pâle, mucilagineux et les cellules terminales sont allongées en poils formant un pinceau d'éléments fortement gonflés qui résorbent le liber sur leur chemin. Ces cordons sont parallèles à l'axe de la plante hospitalière, et sur leur surface externe il naît des bourgeons adventifs de la base desquels il naît un nouveau système de cordons suceurs ; à la face interne des cordons, il part des suçoirs d deuxième ordre formés d'abord de parenchyme, au milieu duquel se différencient, la deuxième année, des cellules vasculaires en chapelet et sans ordre, éléments conducteurs qui se mettent en relation avec les vaisseaux de l'hôte. Par cette description, on voit combien il est difficile de savoir exactement quelle est la nature des organes qui viennent d'être décrits. M. Van Tieghem interprète ces faits en disant que le suçoir primaire est la racine terminale qui, parvenue à la surface du bois, cesse de croître, mais produit bientôt des racines secondaires qui rayonnent dans tous les sens et se ramifient parallèlement à la surface de la branche nourricière ; ces derniers organes constituent les cordons suceurs corticaux. Ces racines ont, comme on vient de le dire, la propriété de donner des bourgeons, cela ne peut pas nous étonner. Quant aux suçoirs secondaires, il n'y a guère de raison pour ne pas les regarder comme des racines tertiaires, puisqu'on admet que la racine primaire est susceptible de se transformer en suçoir.

Quand l'arbre qui sert de support vieillit, il peut arriver qu'il ne donne pas de nouveau bois à l'endroit où se trouvent les cordons corticaux ; l'écorce se dessèche alors en ce point et il s'y forme un chancre. D'autres fois, les cordons corticaux sont pressés par le nouveau liber qui se forme, ils ne tardent pas à mourir, ce qui amène aussi la mort des suçoirs correspondants qui se trouvent ainsi plongés dans le bois à des profondeurs variables.

Les transformations si remarquables que nous venons de décrire dans le Gui de notre pays ne s'observent pas dans toutes les Loranthinées. Dans certains types exotiques comme les *Lepidoceras*, les *Phoradendron*, le disque adhésif de la germination prend un notable accroissement et dans plusieurs cas il se produit, en outre, un développement exagéré de la

branche de l'hôte; cette tumeur subsiste après la mort du parasite et forme ce qu'on appelle dans certains pays la rose de Palo (à Mexico) ou la rose de Madère (au Guatémala) (*fig.* 100 et 101, p. 172 et 173).

Dans le Gui, nous avons dit qu'il se formait dans l'écorce de l'arbre des racines secondaires, qui, à cause des conditions de croissance, devenaient absolument méconnaissables. Cette interprétation semble justifiée par la considération de diverses Loranthinées tropicales qui produisent des racines fixatrices aériennes qui rampent sur les branches de l'hôte et qui, de place en place, y adhèrent par des disques pénétrant dans l'écorce, s'étalant sur le corps ligneux et émettant des filaments suceurs qui pénètrent dans les rayons médullaires. Comment ne serait-on pas frappé des analogies de ces disques avec celui qui résulte de la transformation de la racine principale du Gui ? Et, si l'on considère le suçoir primaire de cette plante comme une racine, comment ne pas arriver à une conclusion semblable quand il s'agit de plantes comme les *Phthirusa* ?

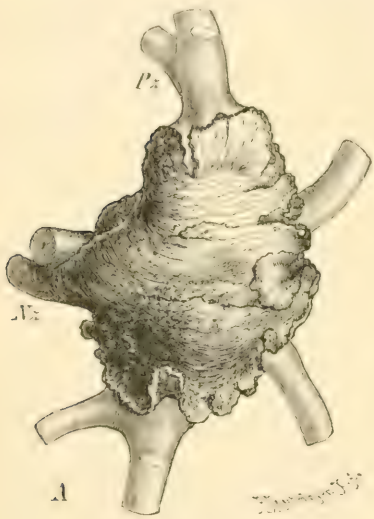


Fig. 100. — Tumeur produite par le développement d'un *Phoradendron* après suppression du parasite sur une Samydacée de Mexico (d'après M. Engler).

Enfin, dans un dernier type, qui peut nous montrer comment le passage a pu se faire des épiphytoïdes aux lianoïdes, la tige de la Loranthinée prend un accroissement beaucoup plus grand et elle peut s'enrouler en spirale (1) autour de l'hôte, donnant ça et là des racines aériennes qui, s'appliquant sur l'arbre ou s'enroulant autour de lui, donnent

(1) Citons le *Loranthus Theobromæ* (qui vit sur les Cacaoyers et les Manguiers); le *L. marginatus*, qui habite les *Citrus* et les Caféiers, etc.

plusieurs disques suceurs ; quelquefois ces disques confluent en un long disque composé (*Struthanthus*).

Les racines aériennes ainsi produites diffèrent évidemment beaucoup par leur structure, non seulement de celles qui croissent dans l'intérieur de l'arbre, mais des racines souterraines de la plupart des plantes Phanérogames. Leurs particularités d'organisation tiennent évidemment à l'action du milieu aérien, car elles sont exactement celles qui permettent de distinguer une tige aérienne d'une tige souterraine (1). Parmi elles nous pouvons citer notamment l'absence de plissements aux cellules endodermiques, caractère si universellement répandu chez les organes souterrains, l'épaississement et la lignification de tout le tissu fondamental du cylindre central (2).

Fig. 101. — Tumeur produite par le développement d'un *Phoradendron* après suppression du parasite sur une Légumineuse (d'après M. Engler).

Toutes les plantes du groupe que nous venons d'étudier

(1) D'après des recherches faites sur les Rhizomes.

(2) En dehors des Loranthinées, nous avons à signaler dans la catégorie qui nous occupe les *Myzodendron*, plantes buissonnantes qui vivent aux dépens des Hêtres dans les forêts du Chili. Ces plantes se rattachent au type des *Lepidoceras* et des *Phoradendron*, c'est-à-dire que le disque qui est la base de la tige s'y renfle beaucoup et subsiste après la mort du parasite. Quant au transport et à la fixation des graines, ils s'opèrent ici à l'aide de longs appareils ciliés qui donnent prise au vent et sont retenus par les branches d'arbres.

sont des hémi-parasites, c'est-à-dire qu'elles ont de la chlorophylle ; on connaît cependant une espèce du Chili, le *Loranthus aphyllus*, qui en manque et qui ne pousse que sur une seule espèce de plante, le *Cereus peruvianus*, ayant donc, par suite de cette absence de matière verte, des exigences nutritives plus particulières que celles de la plupart des autres Loranthinées.

La présence de chlorophylle chez ces plantes donne à leur parasitisme un caractère assez spécial, puisqu'elles peuvent très bien se nourrir aux dépens de l'air. Le Gui emprunte surtout la sève brute à son hôte, aussi dit-on que c'est un parasite d'eau. Unger (en 1840) et Harley (en 1863) avaient déjà eu l'idée que la nutrition de cette plante devait être d'une nature un peu particulière et qu'il pouvait y avoir restitution partielle des éléments nourriciers de la part du parasite à l'arbre qui le supporte. M. Bonnier a prouvé le bien fondé de cette conception par la considération de la variation du poids sec du Pommier (1). Il est évident que le Gui qui garde ses feuilles pendant l'hiver peut contribuer à nourrir le Pommier. Le parasitisme du Gui est donc intermittent, et, dans certaines périodes, il peut au contraire être utile à la plante qui l'héberge d'ordinaire. Les services que se rendent les deux végétaux sont donc réciproques, non pas à un moment quelconque et pendant toute la durée de la vie de la plante, mais au cours d'une année ; ce cas nous permet donc d'en entrevoir un bien plus général dans lequel les deux êtres qui s'associent s'entr'aident constamment, c'est ce que l'on appelle la symbiose, phénomène sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

(1) On prenait un Gui qui poussait sous une branche de Pommier de façon à pouvoir en déterminer le volume au commencement et à la fin d'une année, en le plongeant dans l'eau. De là on déduisait le poids frais. Des expériences préalables avaient permis de constater que le rapport du poids frais au poids sec était de 0.33. De l'augmentation du poids frais on déduisait donc l'augmentation du poids sec ; d'où l'on pouvait évaluer l'augmentation du carbone en poids. Pour le Gui considéré, l'augmentation de carbone a été de 323 grammes. — On avait étudié, d'autre part, l'assimilation du carbone pour une surface déterminée de feuilles en diverses saisons, le jour et la nuit ; aussi arrivait-on à conclure d'une manière certaine que le poids calculé précédemment devait être inférieur au poids assimilé. Le Pommier a donc dû bénéficier d'une partie de ce carbone.

CHAPITRE XV

PARASITES LIANOÏDES

La germination des parasites épiphytoïdes s'effectue sur l'arbre et il en résulte des conséquences fondamentales pour le développement ultérieur de ces plantes. Dans les autres groupes végétaux adaptés à la vie parasitaire qu'il nous reste à examiner, les graines doivent se fixer et croître dans le sol ; quelques espèces malgré ces premiers stades de croissance terrestre, sont destinées à demeurer surtout aériennes, et, comme leur mode d'enroulement rappelle celui des lianes, on les a désignées sous le qualificatif de lianoïdes. La base de leur tige n'a qu'une existence éphémère, de sorte que, de très bonne heure, la plante entière prend l'aspect d'une espèce épiphyte ; l'étude de sa germination seule permet de dire qu'il n'en est rien. Cette remarque suffira pour nous faire comprendre qu'il y a, au moins au début, une grande différence entre les parasites lianoïdes et épiphytoïdes.

La Cuscute est le type des plantes de ce second groupe ; un certain nombre d'espèces tropicales et européennes ont été l'objet des très intéressantes recherches de Uloth, de M. Chatin, de M. Koch et récemment de M. Pierce. Dès les premiers stades du développement, l'influence du mode d'existence s'accuse d'une manière manifeste. En une dizaine de jours, la germination s'opère et un organe court, épais se montre, qu'on serait tenté de prendre pour une racine ; mais il ne présente pas de coiffe, capuchon qui caractérise, comme on sait, l'extrémité des organes radiculaires. Sa région centrale dépourvue de cellules lignifiées est aussi peu différenciée que celle d'une tige de

Mousses (1) ; aussi certains auteurs ont-ils conclu à l'absence de radicule. Cette opinion n'est pas adoptée par tout le monde (2) et l'absence de différenciation résulte probablement du rôle éphémère de cet organe, car il meurt une semaine après son apparition. Cette racine n'étant pas destinée à prendre une quantité d'eau bien appréciable dans le sol, l'atrophie de son système conducteur et le manque d'appareil de protection de son extrémité ont dû découler naturellement de la brièveté de son existence.

La plantule issue de germination est réduite à un corps cylindrique, car les feuilles restent à l'état de petits mamelons rudimentaires ; comme elle ne produit pas de chlorophylle, elle ne se nourrit, pendant les premiers débuts de son existence, qu'à l'aide des réserves de la graine. Ces réserves étant épuisées, la Cuscute doit rencontrer au plus tôt un support qui lui fournisse les aliments dont elle a besoin, sans quoi elle ne tardera pas à mourir. La jeune tige grandit rapidement, se déplaçant en spirale, en quête de l'objet après lequel elle s'accrochera : son mouvement de nutation lié à la disposition spiralée de la pointe se manifeste encore nettement quand on a tracé des traits de repère sur l'extrémité, ils apparaissent tantôt sur le côté convexe, tantôt sur le côté concave (*fig.* 102 et 103, 1 et 2).

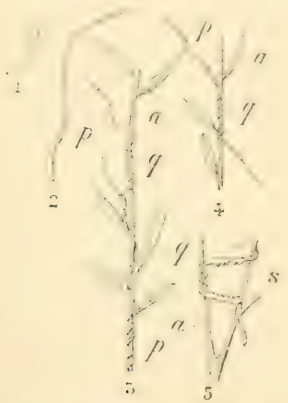


Fig. 102 à 106. — Germination d'une Cuscute ; 1, premier stade ; 2, deuxième stade ; 3, la Cuscute s'enroule en spires serrées, *q* ; puis en spires lâches, *p*, autour de la tige de support ; 4, idem ; 5, une région à spire serrée séparée du support de manière à mettre en évidence les suçoirs *s* ; *a*, plante support (d'après M. Koch).

Pendant cette première période de son développement, l'infériorité de la Cuscute vis-à-vis des plantes grimpantes est manifeste, car elle ne peut se nourrir elle-même ; aussi est-il indispensable que la germination s'effectue dans un milieu

(1) On sait que les racines ont toujours des vaisseaux pour conduire la sève.

(2) M. Koch.

humide, sans quoi la tige reste courte et elle a peu de chances de s'accrocher aux végétaux voisins ; quand la plantule a assez d'eau, au contraire, la tigelle acquiert une longueur surprenante et elle peut explorer une région beaucoup plus grande de l'espace afin de saisir un support. C'est vers ce but que se trouve employée l'énergie du végétal, et, lorsque les réserves de la graine sont épuisées, l'accroissement de la tigelle se fait aux dépens de la petite radicule qui s'affaiblit ainsi beaucoup avant qu'un hôte ait été trouvé : la base radiculaire meurt, en tous cas, dès qu'un objet a été saisi. Une fois le contact établi, par suite d'une sensibilité très analogue à celle des vrilles, la tige de Cuscute s'enroule autour du support et produit bientôt, sur la face qui est à son contact, des suçoirs qui lui permettent d'y puiser une nourriture appropriée.

Les premières spires de la Cuscute autour de la plante hospitalière sont d'abord très serrées; la croissance est alors ralentie, et toute l'activité du parasite est employée à la fabrication des organes de succion. Une fois satisfaite par l'afflux des sucs nourriciers de l'hôte, la liane reprend une croissance plus active et, pendant un certain temps, elle s'enroule lâchement autour du support sur lequel elle ne s'appuie pas. Dans la suite, ce développement rythmique se produit et on voit alterner régulièrement le long de la tige, des spires serrées et des spires lâches. Grâce à ce mode de croissance, le parasite envahit rapidement des surfaces assez étendues, puis se nourrit aux dépens des parties conquises et acquiert ainsi une vigueur nouvelle pour s'emparer de domaines plus vastes. Ainsi s'explique l'extrême rapidité avec laquelle le parasite s'étend sur de grands champs cultivés. Autant les commencements de son existence ont été difficiles, autant, une fois installé sur l'hôte, sa vie devient aisée et luxuriante.

Depuis longtemps, on a remarqué que la plantule ne s'enroule pas indistinctement autour de tous les objets. Il faut d'abord que l'épaisseur du support ne soit pas trop grande : s'il a plus de 2 centimètres de diamètre, la Cuscute ne peut tourner qu'une fois autour de lui, elle ne le saisit pas assez fortement pour permettre aux suçoirs d'y pénétrer. La forme de l'organe hospitalier ne doit pas être nécessairement cylindrique, il peut très bien être aplati et l'on a vu des suçoirs se former au contact d'une feuille.

D'après la description que nous venons de donner du mode de croissance de la Cuscute, nous voyons que cette espèce n'est pas uniquement comparable à une plante volubile s'enroulant autour d'un support. Tant qu'elle fait des spires lâchement espacées, elle rappelle certes beaucoup cette catégorie de végétaux grimpants ; mais, dès que ses tours deviennent serrés, elle offre bien plus de ressemblance avec une espèce possédant des vrilles. Dans le premier cas, il n'y a pas d'irritabilité ; il s'en produit, au contraire, une très accusée dans le second.

Fig. 107. — Bâton de gélatine, *g* ; *q*, *p*. tige de Cuscute ; *l*, plante nourricière ; *c*, cloche de verre ; *r*, réservoir contenant de l'eau qui s'écoule par un siphon et tombe sur la gélatine *g* ; *e*, entonnoir où l'eau est recueillie et s'écoule dans le récipient inférieur r' (d'après M. Peirce).

L'irritabilité de la Cuscute a été déjà nettement entrevue par Mohl, il a remarqué que la plante ne s'enroulait pas autour de fils métalliques, autour de baguettes de bois malgré un contact prolongé souvent de plusieurs jours. Ce résultat a été confirmé depuis par M. Koch : la Cuscute paraît avoir la capacité de choisir, au moins au début du développement, car plus tard ce pouvoir disparaît.

Dans les études qu'il a entreprises en vue de mettre en évidence la sensibilité des vrilles, M. Pfeffer a montré que ces organes s'enroulent autour d'un bâton à l'aide duquel on les frotte, tandis qu'un liquide en mouvement ne produit aucune excitation à son contact. La gélatine humide se comporte comme ces dernières substances parce que son action est également uniforme : les pressions exercées par ses différents points sont toutes égales. Ce qui prouve bien qu'il en est ainsi, c'est que la gélatine sèche agit d'une manière très différente : Ses divers points pressant inégalement la vrille, celle-ci s'enroule autour du bâton gélatinisé comme elle entoure un objet de bois. M. Peirce a réalisé une expérience très analogue avec une Cuscute, et il a obtenu un résultat semblable. Pour maintenir humide la baguette de verre entourée de gélatine *g* (*fig.* 107), il fait couler dessus un courant

constant d'eau venant d'un réservoir r ; cette eau est ensuite recueillie dans un entonnoir et dans un récipient r'. La tige de la Cuscute traverse un bouchon qui ferme une cloche de verre renversée c, contenant la baguette de gélatine ; la tige du parasite ne tarde pas à venir au contact de cette dernière, on la voit tourner d'une manière lâche autour du cylindre, mais on n'observe jamais la production de spires serrées qui indiquent l'existence d'une sensibilité au contact.

Comme les vrilles, la tige de Cuscute n'est pas sensible dans toutes ses régions : le maximum de sensibilité se manifeste dans les parties où la croissance est modérée, tandis qu'elle est abolie là où la croissance est nulle ou très forte.

Cette sensibilité se manifeste d'ailleurs avec les mêmes caractères que chez les plantes grimpantes : si le contact est de courte durée, ses effets sont temporaires ; ils deviennent permanents s'il est, au contraire, prolongé.

Il y a cependant des différences très appréciables entre les phénomènes d'irritabilité qui se manifestent dans la Cuscute et chez les vrilles. Le géotropisme (1) n'intervient pas pour les dernières, il joue un rôle chez la première : une Cuscute ayant fait plusieurs tours de spires autour d'une branche dressée, si l'on vient à déplacer le support de manière à le mettre horizontalement, on voit immédiatement l'enroulement cesser. On remarque d'ailleurs que les suçoirs n'en font pas moins leur apparition.

L'enroulement n'est cependant pas indispensable pour provoquer la formation des appareils de succion. M. Peirce l'a prouvé par l'expérience suivante : entre deux plaques de verre, il a interposé deux folioles d'une feuille de Trèfle entre lesquelles se trouvait un filament de Cuscute ; au contact des tissus foliaires, le parasite subit une irritation et forme des suçoirs sur ses deux faces. Ce mode de naissance des organes nourriciers est exceptionnel, car d'ordinaire ils ne produisent que sur la région interne de la partie spiralée.

Examinons d'un peu plus près les conditions dans lesquelles normalement apparaissent les suçoirs. Une tige de Cuscute ayant fait deux tours de spire autour d'un support au moment

(1) On désigne sous ce nom les phénomènes de courbure dus à l'action de la pesanteur.

où l'on enlève ce dernier, que doit-il se passer dans le cas où la cause excitante vient à manquer ? Si l'irritabilité qui amène la naissance des suçoirs (comme beaucoup de phénomènes physiologiques) est un phénomène induit, on doit s'attendre à voir encore ces organes se former dans les conditions précédentes ; c'est, en effet, ce que l'observation nous apprend. Ce résultat est d'ailleurs très compréhensible, puisque les effets dus à une cause quelconque ne se manifestent le plus souvent qu'au bout d'un certain temps.

D'ailleurs les suçoirs ne se montrent jamais sans qu'il y ait eu contact. Le contact cependant ne suffit pas pour provoquer la formation de ces organes, et, sous la pression d'un corps inerte (verre, papier, bois), le suçoir n'achève pas son développement ; on pourrait penser que c'est parce qu'il touche une substance sèche, mais il n'en est rien, car, en faisant couler de l'eau sur le point d'adhérence, la différenciation n'est pas accélérée, elle reste aussi faible qu'avant.

On voit, d'après ce qui précède, que l'action mécanique de pression est indispensable pour provoquer l'apparition des suçoirs, mais elle ne suffit pas pour terminer leur édification : il faut pour la compléter que le support fournisse à la Cuscute une certaine quantité de matières nutritives. L'irritabilité qui amène la formation des suçoirs est donc suscitée à la fois par le jeu d'agents mécaniques et de substances chimiques. On peut justifier cette dernière opinion par l'expérience suivante : on imbibe un morceau de moelle de Sureau, qui doit servir de support à un *Cuscuta europæa*, d'une décoction d'*Impatiens Balsaminea*, plante autour de laquelle s'enroule normalement cette Cuscute. Dans ces conditions, la liane parasite fait de nombreuses spires autour de la moelle du sureau, produit des suçoirs en grand nombre sur sa face interne, et ces derniers se différencient presque aussi complètement que si la plante hospitalière était une Balsamine : les couches superficielles du bâton de moelle sont corrodées et digérées par le cône perforant exactement comme dans les conditions normales les cellules de la tige de Balsamine.

L'action digestive du suçoir peut d'ailleurs être mise en évidence en prenant comme support autour duquel s'enroule la Cuscute une baguette formée d'un mélange de plâtre et de grains d'amidon qui a été préalablement stérilisée : en

examinant cet amidon au voisinage des points où le contact s'est établi avec les suçoirs, on remarque qu'il a été corrodé par l'action d'une diastase, l'amylase. La Cuscute est également apte à sécréter de la cytase (diastase attaquant la membrane des cellules), car, dans l'expérience décrite plus haut du bâton de moelle de sureau, on voit le parasite perforer les membranes des cellules sans les déplacer. En dehors de ces effets corrosifs, le suçoir exerce une pression mécanique sur l'objet qu'il touche : on ne le voit jamais pénétrer dans les endroits où il rencontrerait une grande résistance, comme en face d'un paquet de fibres : si l'on interpose une feuille d'étain assez mince entre lui et l'hôte, elle ne tarde pas à être trouée, mais ce fait ne se produit point si l'épaisseur de la feuille métallique est notablement plus grande.

Si nous nous sommes un peu étendus sur l'étude physiologique de la singulière plante que nous venons de décrire, c'est qu'elle nous paraissait, à tous les égards, mériter de fixer notre attention. Il nous faut aborder maintenant plus brièvement le côté morphologique de la question.

Quelle est la valeur du suçoir et comment se forme-t-il ? Dès que le contact devient intime entre la surface de la tige de la Cuscute et l'écorce de la plante support, on voit une légère modification se produire dans l'épiderme du parasite ; ses cellules s'allongent, deviennent sinueuses sur leur bord et adhèrent à l'hôte par ces sortes de crampons. Pendant que ceci se produit, les couches profondes se différencient (dans la région péricyclique au-dessous de l'endoderme), et il se forme une plage de cellules qui, par leurs divisions, font bientôt saillie dans l'écorce. Or, on sait que les racines latérales, quand elles apparaissent sur une tige, naissent ainsi dans une région profonde ; M. Peirce en a conclu que les suçoirs de la Cuscute, comme ceux des plantes que nous avons examinées jusqu'ici, sont des racines transformées. La transformation s'accuse, en effet, dès que la pénétration dans l'hôte a lieu ; il n'y a pas de coiffe, les cellules du sommet du suçoir se séparent les unes des autres et s'allongent dans toutes les directions, surtout vers le centre du végétal nourricier ou parallèlement à son cylindre central, en poils dont la paroi reste mince, dont les cloisonnements demeurent rares. C'est seulement dans la région basilaire, où ces appendices se réunissent en faisceaux

pour former le corps du suçoir, que les cellules de la région centrale se lignifient et prennent les ornements qui s'observent d'ordinaire sur les éléments vasculaires. La déformation de cet organe singulier est si grande que l'on peut hésiter à rapprocher ce suçoir d'une racine, mais, comme nous avons déjà vu des métamorphoses aussi remarquables d'organes radiculaires, il nous paraît admissible de le regarder comme une racine déviée de sa fonction plutôt que de l'assimiler à un organe nouveau. On sait en effet que la nature procède le plus ordinairement par la transformation d'appareils qui préexistaient et si, au premier aspect, ils paraissent nouveaux c'est que les modifications qu'ils ont subies ont été très profondes.

Les suçoirs ne se forment pas seulement sur les tiges stériles, ils peuvent se montrer au voisinage des fleurs ; grâce à cette particularité, la tige peut se dessécher complètement, les fleurs ne s'en épanouissent pas moins : c'est une organisation tout à fait remarquable qui a été citée pour les *Cuscula Strobilacea* et *Sidarum* par Liebmann.

Si nous comparons le parasitisme de la Cuscute à celui du Gui, nous voyons que le premier est beaucoup plus profond que le second, car la chlorophylle, qui existe dans un cas, manque dans l'autre. En réalité, la Cuscute n'est pas absolument dépourvue de pigment vert, mais elle n'en contient que des traces que l'on ne peut déceler que par des méthodes indirectes : soit à l'aide de l'étude spectroscopique des dissolutions des matières colorantes de la plante, soit à l'aide des dégagements gazeux d'oxygène dont on peut révéler des traces à l'aide du phosphore. Dans ce dernier cas, on place la Cuscute dans une atmosphère d'acide carbonique et d'azote avec un bâton de phosphore et on expose le tout à la lumière ; si, après quelques instants d'exposition à l'action de la radiation, on vient à transporter à l'obscurité l'éprouvette d'expérience, le phosphore qui s'y trouve ne tarde pas à luire, indiquant ainsi qu'il s'est produit une faible quantité d'oxygène résultant de la décomposition de l'acide carbonique par la plante, sous l'influence du soleil.

Comme on peut le supposer, d'après ces observations, la nutrition à l'aide de ces traces de chlorophylle est presque négligeable et on peut dire que la Cuscute doit tout prendre au végétal

qui l'héberge ; elle ne se contente donc pas d'être un parasite d'eau comme le Gui qui n'emprunte à l'arbre que la sève ascendante, c'est-à-dire les matières très aqueuses qui viennent du sol ; elle se nourrit encore aux dépens de la sève élaborée : ce point a été mis en évidence par M. Peirce, qui a montré que les régions libériennes des deux plantes communiquaient entre elles.

L'hypothèse que nous venons de formuler, d'après laquelle l'absence de chlorophylle doit entraîner une nutrition plus complète aux détriments de l'hôte, est d'ailleurs en accord avec la réapparition de ce pigment dans la Cuscute quand la nutrition parasitaire est insuffisante. Une Cuscute qui végète en plein air et en parfaite vigueur aux dépens d'une autre plante sera jaune ; si on la transporte dans le laboratoire, elle deviendra verte. M. Peirce a fait l'expérience suivante qui complète ce premier résultat : il coupe un fragment de plusieurs centimètres du parasite en bonne santé et il en plonge l'extrémité dans l'eau ou dans une décoction faite avec l'hôte ; les conditions d'existence sont alors peu favorables, car la plante verdit en 38 heures dans le premier cas, un peu moins rapidement dans le second ; la coloration verte devient intense, puis finalement le parasite meurt. De même, une Cuscute attachée à un hôte qui ne la nourrit pas ou qui renferme des substances délétères pour elle verdit rapidement, c'est ce qui s'observe notamment quand le *Cuscuta epilinum* enlace une Euphorbe qui contient des sucs nuisibles pour ce parasite.

Ces remarques offrent un grand intérêt, car elles nous apprennent que, lorsque le parasitisme devient plus complet, la chlorophylle n'ayant plus qu'une utilité très secondaire pour la plante, tend à disparaître. C'est encore une de ces innombrables applications de la loi si profonde de Lamarck, d'après laquelle tout organe qui n'a plus de fonction tend à s'atrophier et à disparaître. La haute portée que présente pour nous le cas que nous venons d'étudier tient surtout à ce qu'il nous fournit une preuve expérimentale, par conséquent irréfutable, de l'exactitude de la grande conception de l'illustre naturaliste français, qui, pendant un demi-siècle, a été traitée avec dérision par tant d'esprits positifs.

L'étude des végétaux présente pour nous l'avantage inappréciable d'offrir un nombre, chaque jour grandissant, de

faits de cet ordre ; les arguments de cette nature obligent les esprits les plus rebelles à s'incliner, et la science n'a plus à se préoccuper de ceux qui les nient.

M. Peirce a déduit une autre conséquence de ses recherches : selon lui, le parasitisme de la Cuscute ne doit pas être d'origine très ancienne, puisque tout retour à la vie normale n'est pas rendu complètement impossible. Cette sorte de réminiscence d'une vie antérieure nous montre en outre clairement la variabilité des fonctions chez les êtres vivants. Tout changement de fonction entraîne un changement de forme ; toute modification de structure a pour conséquence une évolution du rôle des organes. La morphologie et la physiologie sont intimement liées entre elles, et ces sciences ne sauraient être étudiées séparément sans perdre par cela même une grande partie de leur intérêt.

CHAPITRE XVI

LES ÉPIRHIZOÏDES

Le parasitisme est évident pour les plantes que nous venons d'étudier dans les chapitres précédents. Il n'en est plus de même pour tous les végétaux dont il nous reste à parler, car c'est aux dépens des racines des plantes voisines qu'ils se nourrissent. Si les conditions singulières de leur existence ont amené la décoloration de leur tige et de leurs feuilles, l'attention des observateurs attirée sur eux a fait de bonne heure découvrir qu'ils étaient soudés sous le sol à des organes souterrains d'autres espèces (1). Lorsque, au contraire, le parasitisme n'a pas altéré la teinte verte du végétal, rien ne provoquant les recherches, on ne doit pas s'étonner que la découverte de leur mode de nutrition n'ait été faite que plus tardivement (2).

Cependant, même dans le cas où la chlorophylle semble très abondante à l'œil nu et même au microscope, il peut arriver qu'elle ne fonctionne que très faiblement, de manière que, même à une lumière intense, il n'y ait jamais dégagement d'oxygène. C'est ce qui arrive notamment pour les *Euphrasia*, d'après les recherches de M. Bonnier. Par conséquent, même quand la coloration verte est visible, le processus de nutrition des plantes parasites n'est pas identique à celui des autres vé-

(1) C'est ce qui arrive pour les Orobanches.

(2) C'est en 1847 que Mitten, puis Decaisne ont découvert le parasitisme des Santalacées (*Thesium*, etc.) et des Rhinanthacées. Decaisne, voyant les difficultés que présentait la culture des Rhinanthacées, rechercha dans le sol les organes nourriciers qui avaient jusque-là passé inaperçus et ne tarda pas à les découvrir.

gétaux (1). On sait que pour les espèces normales les liquides du sol sont puisés par le jeu des poils radicaux, et on ne conçoit pas qu'une plante ordinaire puisse vivre sans ce feutrage pileux qui forme un fourreau près de l'extrémité des racines. Dans le cas d'une espèce parasite, la nutrition n'étant plus la même, il peut arriver que les poils manquent totalement sur les racines, sauf au voisinage des renflements appelés suçoirs, où d'ailleurs on n'en observe qu'un petit nombre : les uns restent extérieurs à l'hôte, tandis que les autres pénètrent dans le corps de la plante hospitalière (2).

Bien que le parasitisme fasse déjà sentir son action sur les plantes qui demeurent vertes, on conçoit aisément que celles qui sont décolorées doivent être plus profondément modifiées. C'est ce qui se présente pour les Orobanches de nos pays, pour les Balanophorées et les Rafflésiacées des régions tropicales.

Pour que la germination d'une Orobanche ait lieu, il faut que la racine de l'hôte soit dans le voisinage ; cet organe exerce probablement sur la graine du parasite une excitation chimique qui provoque le développement de l'embryon, c'est un point qui a été établi par les recherches de M. Koch. Les graines sont exposées à rester inactives pendant un temps souvent long ; elles doivent donc conserver leur pouvoir germinatif pendant toute cette période sans quoi l'espèce serait exposée à disparaître ; aussi, malgré leur petitesse, les semences restent-elles vivantes pendant deux années. Les circonstances favorables pour le développement sont-elles rencontrées, l'embryon germe en un filament dont l'extrémité arrive au contact de la racine nourricière, y pénètre et forme bientôt en ce point un tubercule. Pendant que le renflement se produit, la partie cylindrique de la plantule primitive se résorbe ; la région tuberculeuse continue à grossir, et on ne tarde pas à voir apparaître à sa surface des racines d'abord, puis plus tard des hampes florales.

Ce tubercule est un organe très singulier qui mérite de fixer

(1) Pour d'autres espèces, on trouve simplement une très faible assimilation chlorophyllienne.

(2) C'est ce qui a été établi par les intéressantes recherches de M. Leclerc du Sablon pour les Rhinanthacées.

un instant notre attention, car il nous présente un exemple remarquable des transformations profondes que subit une plante sous l'action du parasitisme. On peut y distinguer deux zones, l'une externe, l'autre interne par rapport à la plante hospitalière. La partie interne cesse de différencier son épiderme, elle se subdivise en mamelons saillants qui s'avancent dans la racine de l'hôte et ne tardent pas à se mettre en relation avec son système conducteur. On voit se former dans le suçoir un cambium qui se produit juste en face de celui de l'hôte de manière à permettre le raccord non seulement entre les bois, mais aussi entre les libers : la nutrition du parasite est donc complète, elle ne s'opère pas uniquement avec la sève ascendante, la sève élaborée contribue puissamment à cette alimentation. Les subdivisions des excroissances se multiplient et les dernières branches des suçoirs sont souvent réduites à quelques groupes de cellules qui constituent des filaments isolés au milieu du tissu étranger.

La partie externe du tubercule peut produire des racines en grand nombre à sa surface, puis bientôt une ébauche de tige florale. Le mode d'origine de ces deux organes qui se forment modifie alors toutes les notions que nous possédons sur les conditions de naissance des tiges et des racines normales. On sait, en effet, qu'une tige naît toujours dans les tissus superficiels ; ici elle naît dans les tissus profonds, elle est endogène. Une racine, au contraire, est toujours d'origine profonde ; or, elle est ici exogène. Ce sont là des changements complets et on ne pourrait pas citer beaucoup d'exemples analogues dans le règne végétal.

Nous retrouvons, au moins quant à la tige, une origine semblable pour les Balanophorées (*fig.* 108 et 109, p. 188). Ces plantes étranges qui ressemblent à des Champignons (1) (car elles manquent de chlorophylle) ne sont formées que d'une masse charnue irrégulière sur laquelle se dresse une hampe florifère. Les bourgeons floraux en se développant percent les couches périphériques du tubercule, aussi la tige fructifère apparaît-elle comme entourée d'un étui qui rappelle la volve de certaines Agaricinées de nos forêts ; leur mode de naissance

(1) Une espèce italienne rangée dans les Balanophorées (le *Cynomorium*) a été longtemps employée par les médecins, au moyen âge, sous le nom de *Fungus melitensis*.

est donc encore exceptionnellement endogène. Mais là ne se bornent pas les anomalies de ces singuliers végétaux : leur

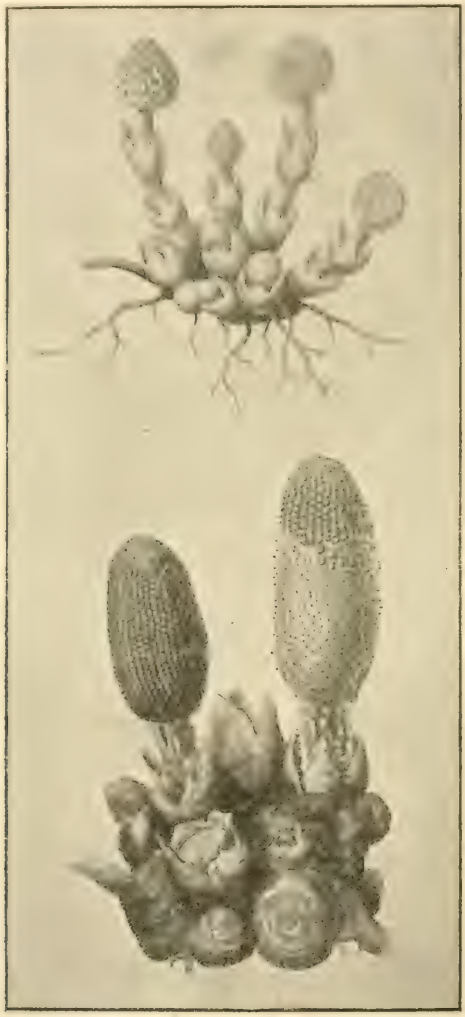


Fig. 108 et 109. — Balanophorées, plantes parasites des régions tropicales.

masse charnue basilaire présente un système vasculaire développé qui part en se ramifiant de la racine nourricière de l'hôte ;

Gœppert, qui a étudié le premier la structure des *Balanophora*, a émis cette opinion, en apparence invraisemblable, que dans le tubercule les vaisseaux appartiennent à la plante hospitalière, tandis que le parenchyme dépend du parasite. Cette conception bizarre, d'après laquelle un organe simple serait formé de deux tissus appartenant à deux êtres distincts, a été cependant confirmée par les attentives recherches de M. Solms-Laubach (1). Nous avons donc, dans ce cas, affaire à un parasite qui a perdu la propriété de produire des vaisseaux dans

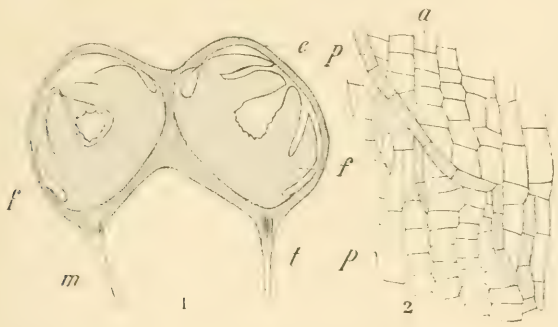


Fig. 110 et 111. — *Pilostyles*. Rafflésiacée parasite. 1. Section de l'arbre attaqué dans l'écorce duquel deux fleurs du parasite sont ébauchées; *e*, écorce de l'arbre; *f*, fleur; *t*, tige. 2. Section des tissus de l'hôte *a*, au milieu desquels on distingue des filaments *p* constituant tout l'appareil végétatif du parasite (d'après M. de Solms-Laubach).

presque tout son corps, et qui ne retrouve la faculté d'en engendrer qu'au moment où il va fleurir.

La dégradation de l'appareil végétatif est ici très notable, mais elle est encore plus grande chez les Rafflésiacées, ces parasites remarquables qui se réduisent à des fleurs, organes qui, dans certaines espèces comme le *Rafflesia*, peuvent atteindre des dimensions gigantesques, puisqu'on a pu en observer ayant un mètre de diamètre (*fig.* 2 à 5, p. 11). Une de ces plantes, le

(1) Dans le cas où c'est un *Thibaudia* qui est attaqué par un *Balanophora*, l'Ericacée qui est atteinte par le parasite ayant un bois offrant des particularités anatomiques très spéciales, il a été possible de suivre les ramifications du système vasculaire du *Thibaudia* partout dans le tubercule, à une distance très notable de sa racine; quant aux tissus mous, ils appartiennent bien à la Balanophorée.

Pilostyles (qui se distingue de ses congénères parce qu'il croît sur les branches au lieu de vivre aux dépens des racines), est tout à fait remarquable au point de vue de la réduction des tissus végétatifs : non seulement il n'y a plus de vaisseaux dans le parasite, mais son système végétatif se réduit à des filaments isolés, ramifiés dans l'arbre sur lequel il croît (*fig.* 110 et 111, p. 189).

Nous avons, dans ce cas, une plante phanérogame qui ressemble à un Champignon filamenteux. Le végétal ne redevient pour ainsi dire lui-même qu'au moment de se reproduire, il produit alors des bourgeons floraux endogènes qui ne tardent pas à crever l'écorce et à apparaître à la surface de l'arbre nourricier.

La singularité des végétaux que nous venons de décrire a fortement frappé les premiers observateurs ; aussi quand, à la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci, les Balanophorées et les Rafflésiacées ont été découvertes, les premiers savants qui s'en sont occupés ont-ils pensé qu'il s'agissait là de tumeurs, de monstruosités et ils ne s'étonnaient pas, dans ces conditions, de leur voir prendre des aspects si étranges : certaines de ces plantes ressemblant à des Champignons, soit à des Hydnes, soit à des Clavaires, etc. La découverte des graines de ces espèces modifia ces idées et ne laissa plus de doutes sur leur véritable nature, on avait affaire à des végétaux supérieurs à fleurs bien caractérisées, qui avaient été seulement métamorphosés par les conditions anomales de leur nutrition.

L'étude que nous venons de faire de l'appareil végétatif des parasites nous montre que l'organisation de ces plantes mérite d'être mise tout à fait à part dans l'anatomie comparée du règne végétal. Doit-on penser que les anomalies très spéciales que nous venons de décrire sont absolument sans cause, et que c'est le hasard qui veut que les êtres soient, dans tous les cas, subordonnés à leurs conditions d'existence ? Dans notre examen détaillé des divers types parasitaires, nous avons partout signalé des particularités remarquables dans l'appareil de nutrition, dans les procédés de germination, dans les modes de fixation qui semblent constituer de merveilleuses adaptations au mode de vie. Nous pouvons nous demander, car le hasard n'explique rien, sous l'influence de quels facteurs ont

pu naître les caractères de ces êtres. Pour répondre à cette question, il faudrait pouvoir soumettre les plantes qui nous occupent à l'expérience les isoler de leur hôte et les faire végéter normalement. Nous avons dit que cela ne paraît pas réalisable, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, parce que les parasites sont tellement accommodés à leurs conditions de nutrition qu'il leur est impossible de vivre sans leur hôte habituel. Cependant rien ne prouve qu'on ne réussira pas un jour dans cette voie, et les quelques recherches que nous avons rapportées plus haut dans cet ordre d'idées sont grandement suggestives (1). Nous avons vu qu'on pouvait dans certains végétaux accélérer ou empêcher la production de la chlorophylle, suivant que le parasitisme était entravé ou favorisé. Or certainement l'apparition ou la disparition de ce pigment est un fait fondamental, qui ne peut manquer d'avoir le retentissement le plus profond sur toute l'organisation d'un végétal; par conséquent, bien que l'expérience soit encore isolée, elle n'en a pas moins la plus haute portée, et une variation de cette nature chez une plante permet d'entrevoir la possibilité de transformations bien plus grandes encore ; elle est susceptible vraisemblablement d'expliquer les plus singulières structures que nous avons décrites.

Si les essais pour supprimer le parasitisme des plantes phanérogames n'y ont pas encore été suffisamment poursuivis, du moins pouvons-nous nous servir d'un certain nombre d'expériences sur la greffe pour entrevoir quels résultats ces recherches pourraient donner.

L'implantation d'un greffon sur une autre plante est, en effet, une opération qui n'est pas sans présenter de grandes analogies avec l'installation d'un parasite sur son hôte, car, dans les deux cas, le mode de nutrition s'opère dans des conditions très spéciales et assez semblables. On a réalisé les greffes avec les plantes les plus variées et on a pu observer ainsi dans le greffon des variations morphologiques et physiologiques de la plus grande importance.

M. Strasburger notamment a réussi à greffer diverses Solanées les unes sur les autres, il s'est servi en particulier d'une Belladone sur laquelle il implantait une Pomme de terre ; il a

(1) Page 183.

vu ainsi cette dernière plante former des tubercules dans l'air, ce qui n'a jamais lieu normalement, comme chacun sait, ces portions renflées de la tige se formant toujours dans le sol ; ce n'était d'ailleurs pas la seule modification de ce végétal : une analyse permettait, en effet, d'y déceler la présence de l'atropine, substance qui avait été évidemment empruntée à la Belladone. Un changement de nutrition doit donc grandement modifier la forme d'un être, puisqu'il transforme si complètement ses fonctions normales.

Il y a d'ailleurs un argument d'une véritable portée à ajouter à tous les précédents qui nous laissent supposer que le parasitisme modifie profondément les végétaux, c'est celui qui résulte de la considération des animaux parasites. Il est très remarquable de constater que les caractères des animaux qui vivent aux dépens des autres présentent des analogies tout à fait frappantes avec ceux que nous venons de décrire pour les parasites du règne végétal : au milieu de l'infinie diversité de types de ces êtres, presque partout on constate que le parasitisme se manifeste par l'ablation des organes de digestion et de relation (atrophie ou suppression du tube digestif, des organes des sens, de la vue), par l'accroissement des appareils de fixation et par le développement prépondérant des organes de reproduction. En laissant de côté ce dernier caractère que nous allons examiner plus loin, nous voyons que, pour les plantes comme pour les animaux, ce sont les appareils de nutrition et de fixation qui changent, puisque ce sont les conditions d'alimentation et d'adhésion qui sont modifiées chez ces êtres. Comment est-il possible d'interpréter de pareilles similitudes se manifestant pour des formes vivantes aussi différentes, sinon par l'intervention des mêmes causes ? Ces convergences remarquables s'expliquent tout naturellement dans la théorie de l'évolution, elles restent un phénomène incompréhensible avec une autre manière de voir. On conçoit aisément, en effet, qu'un être qui s'installe sur un autre, et y trouve des aliments tout préparés, n'ait plus à se préoccuper de développer les appareils qui lui servaient à se nourrir. Dans ces conditions, l'animal perd son tube digestif, puisqu'il n'a plus rien à digérer; ses yeux s'atrophient, car il n'a plus de proie à chercher. La plante doit de même réduire ses feuilles et sa tige, perdre sa chlorophylle

puisqu'elle n'a plus besoin de l'acide carbonique de l'air pour se nourrir, car on sait que les feuilles vertes ne servent qu'à cette nutrition (1) ; elle doit tendre en outre à s'enfoncer de plus en plus dans le corps de l'hôte et elle peut finir par y disparaître complètement à la manière d'un Champignon parasite, s'il s'agit d'une plante supérieure; et, dans ce cas ultime de perfectionnement de la vie parasitaire, l'appareil végétatif d'une plante à fleur ressemble pour une raison que l'on saisit aisément au thalle de la moisissure la plus dégradée.

On conçoit, en examinant ce dernier cas, par quelle longue série de transformations progressives ont dû passer les êtres qui sont arrivés aujourd'hui à un pareil état de dégénérescence. Ces stades successifs de l'adaptation, nous pouvons les entrevoir en étudiant l'ensemble des formes parasites qui s'observent actuellement à la surface du globe. Partout dans la nature, nous croyons constater la stabilité par suite de la faible durée de nos observations, partout une étude approfondie nous révèle, au contraire, l'instabilité et le mouvement.

1) Exceptionnellement, chez les *Ximenia* (Olacacées), parasites à racines suçoirs, il existe au début de la germination des écailles incolores, à géotropisme positif, qui se dirigent vers la terre et qui ressemblent à des racines. Les curieuses recherches de M. Heckel viennent d'établir que ces plantes semées en grand nombre vivent aux dépens les unes des autres; un pied de *Ximenia* peut même présenter des phénomènes d'autoparasitisme, en ce sens qu'il s'attaque lui-même.

CHAPITRE XVII

ACTION DU PARASITISME SUR LA FLEUR

L'étude de l'appareil végétatif des plantes parasites nous a montré jusqu'où peut aller son atrophie. La partie reproductrice de ces végétaux est-elle susceptible de se modifier comme les portions stériles ? C'est là un dernier point qu'il nous reste à examiner. Son importance est considérable, car si la fleur était inaltérable, elle serait, pour ainsi dire, le refuge des forces héréditaires, et les agents cosmiques pourraient modifier seulement l'apparence des êtres sans en altérer le fond, c'est-à-dire la substance. C'est l'idée que soutenait fortement Jordan, c'est celle qu'invoquent tous les partisans de la fixité des espèces : « Vous pouvez, disait le botaniste lyonnais, transformer un lingot d'or en une bague, en un bracelet, en un objet quelconque, mais vous n'altérez en rien ce qui se cache derrière ces formes changeantes, la substance de l'or. »

Pour répondre à cette objection, au moins en tant qu'elle touche à la question actuelle du parasitisme — car nous avons déjà donné des réponses assez probantes dans d'autres cas (1) — nous ne pouvons invoquer actuellement aucune expérience directe, mais l'étude des greffes nous fournit encore des renseignements précieux.

Les modifications produites par cette méthode que nous mentionnions dans le chapitre précédent sont-elles de simples variations éphémères, de pures monstruosités sans grand intérêt ou correspondent-elles à l'apparition de caractères susceptibles de devenir héréditaires ?

(1) Costantin, *Végétaux et Milieux cosmiques*, p. 83 à 97.

Bien que les recherches sur cette question soient encore très peu nombreuses, l'attention étant appelée depuis peu sur elle, nous pouvons cependant en citer une qui nous paraît avoir une véritable portée. M. Daniel a montré que le sujet (ou plante servant de base dans une greffe) influe plus ou moins sur la postérité du greffon : ceci est surtout marqué dans la famille des Crucifères. Les graines fournies par un greffon soudé à un autre végétal donnent souvent naissance à des plantes qui, à des degrés divers, montrent à la fois les qualités du greffon et du sujet qui a nourri ce dernier. En s'appuyant sur ces principes qu'il a établis par l'étude de plantes sans utilité pratique, ce botaniste est arrivé à créer une race nouvelle de Chou moellier qui offre pour l'agriculture une véritable importance. Les cultivateurs éprouvent à la fin de l'hiver et au commencement du printemps de sérieuses difficultés pour nourrir leur bétail : les seuls fourrages verts dont ils peuvent disposer à cette époque sont les Choux et les Navets ; or, tous les Choux à tiges ou à racines tuberculeuses gèlent facilement, et leur culture cause toujours des pertes sérieuses. Guidé par les idées que nous venons de formuler, M. Daniel a créé une race de Chou moellier qui ne succombe pas à la gelée : il a greffé pour cela un Chou Rave (*Brassica gongyloides*) sur un Chou de Mortagne résistant aux basses températures. Les propriétés de ce dernier se sont transmises aux graines du greffon ; ces graines donnent en germant des individus qui diffèrent par leur aspect de la plante mère et qui de plus se comportent très bien au froid.

La portée de pareilles expériences n'échappera à personne, elles permettent d'entrevoir l'origine des diverses races d'arbres fruitiers cultivés par greffe depuis un temps reculé ; elles font prévoir pour l'avenir la découverte d'applications intéressantes pour toute l'horticulture (1). Elles expliquent l'origine de ce que l'on a appelé les hybrides de greffe, dont le *Cytisus Adami* est l'exemple classique ; il a été obtenu par greffe de deux espèces de Cytises l'une sur l'autre (*Cytisus Laburnum* et *C. purpurea*) ; il se distingue des deux types primitifs par ce fait qu'il présente des grappes qui ont des caractères intermédiaires grappes de

(1) La Société d'horticulture de France s'est aussi beaucoup occupée de cette question et, dans ces derniers temps, elle l'a mise au concours.

fleurs rouges à côté de grappes de fleurs jaunes ou panachées) entre ceux des deux plantes parentes.

L'étude des races de divers Champignons qui a été entreprise dans ces derniers temps par M. Eriksson confirme les résultats précédents. On sait que le Blé est attaqué par une Urédinée qui produit une maladie connue sous le nom de *Rouille*. Depuis longtemps, on avait signalé la présence du même parasite sur d'autres Graminées de grande culture comme l'Avoine, l'Orge, le Seigle. Jusque dans ces derniers temps, on croyait avoir affaire au même ennemi : en réalité, d'après les recherches du savant suédois, plusieurs races spéciales se sont adaptées à ces différents hôtes et ont fini par s'accommoder si bien des substances nutritives qui s'y trouvent qu'elles ne peuvent plus s'en passer ; de sorte que, si l'on cherche à inoculer au Blé la maladie de l'Avoine, on n'y parvient pas. Tout fait donc présumer, dans ce cas, qu'une modification de la nutrition maintenue pendant un certain nombre de générations a produit une race physiologique présentant des caractères d'une certaine fixité.

Les résultats remarquables auxquels conduisent les recherches de M. Daniel sur la greffe et celles de M. Eriksson sur les Rouilles nous amènent donc à penser qu'un changement dans la nutrition d'un être peut modifier ses caractères héréditaires. Nous avons donc lieu de croire que, si la fleur des parasites est l'organe dans lequel se maintient l'hérédité, son immutabilité n'en est pas par cela plus certaine ; il est au contraire vraisemblable que la région reproductrice se transforme peu à peu comme toutes les autres parties de ces végétaux.

Pour essayer de découvrir les caractères qui ont pu varier dans le cours des siècles, à mesure que le parasitisme se perfectionnait, nous n'avons qu'une méthode, l'anatomie comparée. Bien qu'en l'absence d'étude expérimentale nous ne puissions pas avoir de renseignements indiscutables sur la nature de ces variations, nous devons cependant attribuer la plus grande valeur aux renseignements que nous pouvons ainsi acquérir. Nous savons à l'heure actuelle, par de très nombreuses recherches entreprises expérimentalement sur le mode d'action des milieux ou des agents cosmiques, que les résultats donnés par cette dernière méthode ont toujours été d'accord, dans leur ensemble, avec ceux que fournissait la comparaison de la struc-

ture de végétaux poussant spontanément dans des conditions de vie différentes.

Or, que nous apprend l'anatomie comparée des plantes parasites ? Au milieu de caractères très dissemblables, elle nous montre que ces végétaux présentent des caractères communs que l'on n'est pas habitué à trouver chez les êtres qui appartiennent à des familles éloignées. L'identité du mode de vie fait penser qu'on doit lui attribuer l'origine des similitudes que nous constatons ainsi. Cette conclusion a pour elle la plus grande vraisemblance, sinon l'absolue certitude (1). Examinons donc quels caractères analogues s'observent chez les parasites éloignés : nous voyons qu'ils se rencontrent surtout dans l'étude des organes femelles de la fleur.

Il y a parmi les Phanérogames parasites trois types d'ovules et d'ovaires. Dans une première catégorie, l'ovaire et les ovules sont normaux mais, les embryons indifférenciés. Dans un second type, ce sont les ovules qui ne se différencient pas, les embryons étant au contraire normaux. Enfin, dans un dernier groupe, la dégradation de la structure porte à la fois sur l'ovaire et l'ovule d'une part et sur l'embryon de l'autre.

On voit, en somme, que la métamorphose régressive peut se manifester soit avant, soit après la fécondation, soit enfin à la fois avant et après ce phénomène.

I. Les Orobanches se rattachent à la première catégorie. L'ovaire et l'ovule sont à peu près normaux ; ce dernier organe ne possède cependant qu'une seule enveloppe tégumentaire (2) : le sac embryonnaire de l'ovule produit un albumen (3). L'œuf donne au début un corps cylindrique ou suspenseur qui ne présente pas de division transversale ; l'embryon se constitue à la base, mais il ne se différencie pas, il reste formé d'un

(1) Ce cas est très intéressant, car il prouve nettement quelle importance capitale et prépondérante jouent les résultats de l'expérience : la certitude sera obtenue le jour où l'expérimentation aura pu se prononcer. Il n'y a plus à insister sur un pareil point : l'oubli des faits acquis par les sciences expérimentales peut seule faire douter d'un tel principe

(2) Il n'y a pas de vaisseaux dans ce tégument.

(3) Cet albumen ne tarde pas à s'atrophier dans la partie qui se trouve près du micropyle et dans la région opposée.

petit massif de cellules où l'on ne distingue ni cotylédons, ni tigelle, ni radicule (1).

Les recherches de M. de Solms-Laubach ont établi qu'il existe chez les Rafflésiacées une structure tout à fait semblable, qu'il s'agisse du *Rafflesia* qui végète sur les racines de *Cissus* ou du *Pilostyles* qui croît sur les branches des Légumineuses. La graine possède un tégument formé d'une assise de cel-

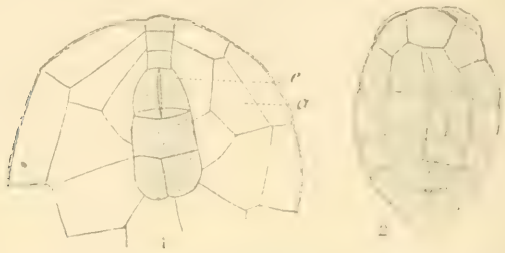


Fig. 112 et 113. — 1, *Pilostyles*, contenu d'une graine ; *e*, embryon ; 2, embryon de *Rafflesia* (d'après M. de Solms-Laubach).

lules à parois épaissies sur la face interne, et l'embryon qui est plongé dans l'albumen est petit et homogène (*fig.* 112 et 113). Il en est de même des types de la famille des Hydnoracées, qui sont également des parasites tropicaux des plus singuliers.

Le développement des graines de Cuscute est aussi très remarquable, l'embryon y reste simple : il ne se forme pas de cotylédons, il n'y a pas, à proprement parler, de radicule, c'est un simple corps cylindrique (2).

On voit donc que la même réduction de l'embryon s'observe chez des plantes très éloignées : les Orobanchées (*fig.* 114 et 115), p. 199, et les Cuscutes sont des Gamopétales, les premières zygomorphes, les secondes actinomorphes ; les Rafflésiacées et les Hydnoracées sont des Apétales ; malgré les différences profondes qui existent entre ces groupes, l'atrophie de l'embryon s'y observe avec des caractères analogues.

(1) Il y a cependant sous le suspenseur un groupe de quelques cellules que M. Koch regarde comme l'hypophyse.

(2) Il porte à son extrémité une sorte d'hypophyse rudimentaire, selon M. Koch.

Nous aurons l'occasion de constater plus loin la même indifférenciation de la plantule chez les végétaux saprophytes : il semble que, dans tous ces cas, le mode singulier de nutrition est la cause de cette particularité.

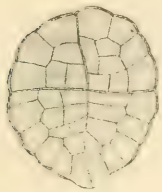


Fig. 114.—Embryon d'Orobanche.

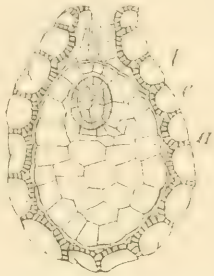


Fig. 115. — Graine d'Orobanche ; *e*, embryon ; *a*, albumen ; *t*, tégument.

II. Dans une seconde catégorie de parasites, les modifications de l'appareil femelle se manifestent avant la fécondation : l'embryon est à peu près normal dans la graine, mais c'est l'ovule qui présente des anomalies.

Il y a plusieurs stades dans la dégradation de l'ovule.

Examinons en premier lieu celui des Santalacées et du *Thesium* notamment, qui a été l'objet des recherches si remarquables de M. Guignard. Le placenta de l'ovaire du *Thesium* se différencie de bonne heure en formant une masse d'abord sphérique dans la cavité ovarienne ; il grandit bientôt, se contourne un peu sur lui-même à son sommet et donne trois ovules qui sont tout à fait spéciaux. Dans un de ces organes, chez une plante quelconque, il y a des téguments et un nucelle ; ici cette différenciation ne se produit pas, il n'y a qu'une masse ovoïde sans enveloppe. On pourrait être tenté d'en conclure que l'ovule est réduit à son nucelle ; en fait, il n'en est rien, car dans le nucelle il n'y a jamais de faisceaux libéro-ligneux parce qu'ils sont localisés dans les téguments ; or, l'ovule du *Thesium* est traversé par un système vasculaire. On doit donc le considérer comme un ovule indifférencié et *sans nucelle*. C'est là un fait qui a été mis en lumière par M. Van Tieghem. Lorsque la fécondation a eu lieu, il apparaît un embryon dépourvu de suspenseur, mais qui possède deux coty-

lédons, une tigelle et une radicule comme chez la plupart des graines (1). Quant au sac embryonnaire, il se prolonge dans le placenta en un long appendice qui ne se cloisonne pas, l'albumen se formant seulement par des cloisonnements de sa partie antérieure.

Dans les *Santalum*, le développement du sac embryonnaire est encore plus accusé, il fait saillie dans la cavité ovarienne et remonte vers le haut au-dessous du style. Quant à son autre pointe, elle se prolonge, s'enfonce dans le placenta et constitue une énorme cellule avec un très gros noyau qui persiste très longtemps et qui sans doute doit servir d'organe suceur, d'appareil de nutrition chargé de conduire un supplément de nourriture à l'embryon. C'est peut-être à cause de cette particularité de l'organisation que l'embryon doit de ne pas rester à l'état homogène, qu'il continue son évolution comme chez les plantes ordinaires et se différencie en radicule, tigelle et cotylédons. M. Guignard, à propos de cette structure, s'exprime de la manière suivante : « De même que chez les Loranthacées, on y remarque une dégradation profonde, qui porte principalement sur les ovules et tend à les réduire à leur partie essentielle. Le parasitisme s'accompagne ainsi d'une infériorité qui affecte des organes que leur nature même semblerait devoir soustraire, plus que toute autre partie de la plante, à son influence. »

La dégradation si remarquable que nous venons de décrire n'est que le premier terme d'une évolution dont les Loranthinées constituent le second stade.

Si nous examinons la structure de l'ovaire d'un *Elythranthe globosa*, nous voyons au début, comme dans les cas précédents, un placenta sphérique, mais qui en grandissant ne tarde pas à se souder par sa partie supérieure avec la cavité primitive, de sorte que dans le jeune ovaire on distingue trois

(1) Quelques anomalies sont cependant à signaler. Des trois ovules, un seul se développe qui forme un sac embryonnaire ; les antipodes se résorbent, l'œuf est fécondé et le noyau secondaire du sac embryonnaire se divise en deux parties : l'une qui reste indivise, l'autre au voisinage de l'embryon constitue bientôt l'albumen. Cet albumen en grandissant isole bientôt l'embryon ; mais, par suite de la séparation de cet embryon, la radicule n'a plus son orientation primitive, elle devrait être vers le bas, elle se trouve maintenant orientée vers le haut de l'albumen.

petites cavités. Au voisinage de chacune de ces petites loges, il apparaît des cellules mères de sacs embryonnaires, mais les ovules ne s'ébauchent pas ; il se produit très rapidement une soudure entre la paroi de l'ovaire et le placenta, de sorte qu'on ne distingue plus, à proprement parler, ni ovaire, ni placenta, ni ovules, mais un tissu dans lequel ne se différencient que des sacs embryonnaires, seule trace qui subsiste des ovules. On voit donc que l'évolution régressive est plus accusée que dans les Santalacées : dans les dernières, il y avait encore des ovules, mais plus de nucelle ; ici il n'y a même *plus d'ovule* du tout, et dans le fruit les graines ne s'individualisent plus, il n'y a *plus de graines*.

Un détail anatomique qui a son importance mérite, en outre, d'être signalé. Dans un sac embryonnaire, il y a ce que l'on peut appeler une partie antérieure et une partie postérieure : la première est tournée vers le micropyle, c'est-à-dire vers l'ouverture de l'ovule quand elle existe (on peut dire encore qu'elle est orientée du côté où se développe le tissu qu'on appelle la calotte). Dans tous les ovules normaux, la cellule femelle ou oosphère qui doit donner l'œuf se différencie toujours du côté supérieur du sac, ce qui paraît tout naturel, puisque c'est de ce côté qu'est l'orifice de l'ovule et puisque c'est par là que doit arriver le tube pollinique mâle. M. Van Tieghem traduit les faits précédents en disant qu'il y a *acrogamie* dans la plupart des plantes (c'est-à-dire que l'œuf est au sommet du sac). Dans la Loranthinée que nous avons prise comme exemple, les phénomènes ne se passent plus ainsi : comme il n'y a plus d'ovule ni de micropyle, on ne peut plus parler d'orientation vers l'orifice ovulaire ; mais le sac embryonnaire a toujours une base et un sommet, et ici l'œuf ne se produit plus au sommet, mais à la base, M. Van Tieghem dit qu'il y a *basigamie* dans ce cas.

Doit-on affirmer, comme nous l'avons fait pour les embryons parasites de la première catégorie, que c'est au parasitisme qu'il faut attribuer l'atrophie de l'ovule dans les Santalacées et sa disparition complète chez les Loranthinées ? Nous sommes tentés de le penser, et cela avec d'autant plus de raison que, pour les espèces du troisième groupe, nous observons à la fois les deux dégradations que nous avons signalées plus haut ; d'ailleurs, dans ce cas, il ne paraît pas douteux que nous

ayons affaire à des espèces qui ont subi, sous l'influence de leur mode de vie, les plus profondes métamorphoses : nous voulons parler des *Balanophora*.

III. Le dernier type des Balanophorées est certainement le plus remarquable. La fleur femelle, d'après M. Van Tieghem, se réduit à un pistil minuscule de 2 dixièmes de millimètre ; c'est le plus petit des pistils connus, il ressemble à un archégone de Mousse. Le style est formé de quatre rangs de cellules, l'ovaire en a deux ; il n'y a pas de placenta et le sac embryonnaire unique est plongé dans la base du carpelle ; quant à la loge ovarienne, elle ne tarde pas à être oblitérée. Il n'y a donc plus, à proprement parler, d'ovule et par conséquent de graines. Mais là ne s'arrête pas l'atrophie de l'organe femelle, elle se manifeste encore après la fécondation, car, comme pour les Orobanches et les Rafflésiacées, l'embryon reste indifférencié.

Le *Balanophora* présente un autre caractère très remarquable ; comme l'*Elythranthe* que nous mentionnions tout à l'heure, il peut être basigame, avec cette différence cependant qu'une même espèce peut être indifféremment, suivant les cas, soit acrogame, soit basigame. Dans les Loranthinées, au contraire, il peut y avoir des types acrogames et des types basigames, mais ce caractère paraît stable pour un groupe déterminé.

L'apparition du phénomène de la basigamie chez un autre type de parasites, les Balanophorées, laisse penser que la polarisation du sac embryonnaire est peut-être en relation avec le mode de nutrition. Ce qui semble d'ailleurs confirmer cette manière de voir, c'est que nous retrouverons ce caractère de la basigamie chez les espèces saprophytes, qui se nourrissent également par des procédés tout à fait singuliers.

Si l'on était tenté de dire qu'il y a lieu de distinguer, parmi les particularités que nous venons de décrire, celles qui dépendent du parasitisme de celles qui en sont indépendantes, on serait bien embarrassé, surtout s'il fallait indiquer en l'absence d'expérience où doit se faire la ligne de démarcation.

Il paraît bien difficile de ne pas admettre que l'atrophie de l'embryon ne soit pas due aux conditions de vie dans lesquelles se développent les plantes parasites de la première des catégories que nous mentionnions plus haut, surtout si nous

tenons compte des particularités si intéressantes que nous aurons à relever en étudiant le saprophytisme. Faut-il en conclure que tous les faits de dégradation qui s'observent avant la fécondation n'ont rien à voir avec la question qui nous préoccupe de l'action du milieu, tandis que ceux qui se manifestent après dépendent du parasitisme ?

Bien que cette conception ne semble pas à priori devoir être acceptée parce qu'elle est hybride, examinons-la cependant d'un peu près.

Nous devons donc limiter notre discussion à l'étude des plantes de la deuxième catégorie et de la troisième qui ont leurs ovules atrophiés. Or il nous semble que les remarquables résultats auxquels est arrivé récemment M. Van Tieghem dans ses intéressantes recherches sur les Loranthinées plaident tout à fait en faveur de l'influence prépondérante du parasitisme sur l'organisation de ces êtres.

On a fondé jusqu'ici la classification des Angiospermes sur le caractère de l'embryon, et, comme on sait, ce groupe a été subdivisé en Monocotylédones et Dicotylédones. M. Van Tieghem croit qu'il est plus juste de partir de la différenciation de l'ovule et il est amené ainsi à distinguer les groupes les plus inférieurs suivants :

1° Celui formé de plantes	sans graines . .	les	*Inséminées.*
2° —	— sans nucelle . .	les	*Innucellées.*
3° —	— sans ovules. . .	les	*Inovulées.*

Examinons de quelles familles se compose le dernier de ces groupes qui constitue dans cette série le dernier de l'échelle des plantes angiospermes.

Inovulées ou LORANTHALES	Dialypétales	Nuytsiacées (non parasites).	
		Treubellacées (parasites).	
		Loranthacées	—
	Gamopétales	*Ellythranthacées*	(parasites et non parasites dans la sous-division des Gaiadendrées.)
		Dendrophthoracées (parasites).	
	Apétales	*Arceuthobiacées*	—
		Ginalloacées	—
		Hélosacées	—
		Balanophoracées	—

Comment ne pas être frappé, en jetant un coup d'œil sur ce tableau, de ce fait que presque toutes les familles qui s'y trouvent sont formées de parasites. L'étude suggestive que

nous venons de mentionner nous conduit donc à conclur que, si les Loranthales occupent la base de la précédent classification, cela tient à ce qu'elles ont été dégradées par le parasitisme.

Une objection peut venir tout de suite à l'esprit : comment se fait-il qu'il y ait quelques familles qui ne soient pas parasites dans le groupe des Inovulées, si c'est le parasitisme qui a amené la dégradation de l'ovule ? A cette observation, nous répondrons que les familles non soulignées dans le tableau précédent sont les moins dégradées, et il n'est pas invraisemblable d'admettre qu'elles dérivent des types inférieurs modifiés par la vie parasitaire (1). Ce qui semble bien justifier cette manière de voir, c'est que, lorsque dans une famille (Elythranthacées il y a des plantes parasites et non parasites Gaiadendrées), on voit chez ces dernières s'ébaucher des *ovules rudimentaires*. Le retour à la vie normale tend à amener une différenciation plus accusée de l'organe femelle.

Il est d'ailleurs à noter que l'étude approfondie faite par M. Van Tieghem de l'ancien groupe des Loranthinées l'a amené à y faire les découvertes les plus inattendues, car la petite famille que les anciens botanistes désignaient sous ce nom s'est transformée, grâce à lui, en un vaste groupe qui est en somme une alliance, se subdivisant en une multitude de familles et sous-familles dans lesquelles il y a lieu de distinguer des Gamopétales, des Dialypétales et des Apétales. Evidemment les classificateurs habiles qui s'étaient jusque-là occupés de ce groupe avaient complètement méconnu ses caractères, et leurs méprises peuvent avoir probablement une explication qui nous intéresse grandement.

Quand un botaniste se trouve en présence de deux plantes des régions desséchées qui se ressemblent étonnamment comme une Cactée et une Euphorbe grasse, il n'hésite pas, malgré

1) M. Van Tieghem fait d'ailleurs au sujet des Nuytsiacées, qui se rattachent si intimement aux Loranthales parasites, les remarques suivantes :

« Pour le rang supérieur, on peut hésiter entre les Elythranthées qui ont une corolle gamopétale avec un calice isomère, et les Nuytsiacées qui ont une corolle dialypétale avec un calice hétéromère. L'hétéromérie du calice étant le signe d'une différenciation plus profonde que le gamopétalie de la corolle, c'est la famille des Nuytsiacées qu'il convient, croyons-nous, de placer au premier rang. »

les similitudes de leurs appareils végétatifs, à les ranger dans deux familles différentes. Il lui suffit pour cela d'examiner leurs fleurs. Pourquoi l'étude de l'organisation florale fournit-elle dans ce cas un bon caractère de classification? Cela tient à ce que les particularités qui définissent une Euphorbe étaient fixées avant l'émigration de quelques espèces de ce genre dans les régions désertiques.

L'exemple précédent n'autorise donc, en aucune façon, à conclure que la fleur ne varie jamais. Cependant les classificateurs ont toujours admis d'une manière plus ou moins implicite et inconsciente cette invariabilité ; aussi ont-ils été complètement déroutés, sans s'en douter, quand ils ont abordé l'étude des Loranthinées, et leur sagacité a été mise en défaut. Si le milieu a une action sur la fleur, on conçoit très bien que le critérium considéré par eux comme sacré et indiscutable de l'immutabilité de la fleur venant à leur faire défaut, ils aient été amenés à mettre dans un même groupe des plantes qui se ressemblaient peut-être aussi peu que la Cactée et l'Euphorbe précédentes.

En terminant cette étude du parasitisme, nous conclurons donc que l'évolution des êtres est quelquefois régressive, qu'ils ne se perfectionnent pas toujours ou du moins qu'il est certains progrès qui ramènent vers des stades inférieurs de la transformation des formes vivantes ; c'est là, croyons-nous, une considération qui a un véritable intérêt philosophique.

CINQUIÈME PARTIE

LA SYMBIOSE

CHAPITRE XVIII

LES SAPROPHYTES

En abordant l'étude des lianes, nous avons supposé qu'une graine d'une espèce des régions découvertes avait germé dans la partie profonde de la forêt vierge, et que la plantule s'était étiolée dans ces conditions ; malgré l'affaiblissement résultant pour elle de la privation de lumière, cette jeune pousse ayant pu s'élever, — en s'appuyant sur les herbes, en s'enroulant autour des arbustes ou en s'accrochant aux arbres, — jusqu'à la couronne de la forêt, la formation de ses fleurs avait été rendue par cela même possible. Dans ces conditions, une plante de la savane avait pu, en se transformant, devenir une espèce grimpante.

Nous avons admis que tous les individus qui ne parvenaient pas à gagner la partie lumineuse du bois étaient dans l'impossibilité de produire leurs fleurs et par cela même de se maintenir. Cette manière de voir est le plus souvent exacte ; on peut cependant imaginer à priori qu'il existe des êtres capables de fleurir à une lumière très atténuée.

Dans quelles conditions cette floraison pourra-t-elle s'opérer ? Nous pouvons à ce propos rappeler une expérience de Sachs. Quand on fait germer une plante quelconque à l'obscurité, elle n'arrive pas d'ordinaire à produire de fleurs, mais si on laisse quelques feuilles s'épanouir à la lumière, la floraison et la fructification peuvent avoir lieu même dans une boîte complètement close : c'est ce que le célèbre physiologiste alle-

mand a prouvé pour les Cucurbitacées. La floraison peut donc se produire à l'obscurité, pourvu que l'on fournisse à la région qui porte les fleurs des matériaux nutritifs en quantité suffisante. Dans l'expérience précédente, cette nutrition résulte de l'assimilation du carbone de l'air par la chlorophylle des parties vertes ; mais cette méthode de nutrition peut être modifiée, et toute plante qui sera capable de nourrir autrement ses fleurs conduira l'évolution de ces organes jusqu'à son terme. Une autre expérience de Sachs le prouve nettement, car les plantes bulbeuses telles que les Tulipes ou les Jacinthes peuvent entièrement fleurir à l'obscurité.

Les résultats très intéressants que nous venons de rappeler nous amènent à penser que certaines plantules étiolées dans la partie sombre de la forêt vierge pourront s'y reproduire si elles ont la bonne fortune de pouvoir nourrir suffisamment leurs fleurs.

C'est là le problème qu'ont eu évidemment à résoudre les végétaux saprophytes dont nous abordons maintenant l'étude. Voyons comment ils l'ont résolu. Si l'on vient à faire une section dans la racine d'une de ces plantes, on ne tarde pas à remarquer qu'il existe dans les cellules corticales des pelotons de filaments incolores qui appartiennent d'une manière bien incontestable à un Champignon. Il y a déjà longtemps que cette observation a été faite (1), mais c'est M. Drude qui a attiré le premier l'attention sur ce point. Selon lui, de la présence de cet hôte dans les cellules du *Neottia* (Orchidée saprophyte de nos pays) il résulte une forte circulation de substances organiques dans la plante. Mais cette remarque devait être reprise, et ce sont MM. Pfeffer (en 1877) et Kamienski (en 1882) qui ont compris le véritable rôle du Champignon qui fonctionne pour nourrir le saprophyte : ils ont vu qu'il s'établissait une symbiose, c'est-à-dire une association à bénéfice réciproque, entre la racine et la moisissure. Cette association est même si bien entrée dans les mœurs du saprophyte, si l'on peut s'exprimer ainsi, qu'il lui devient impossible de se nourrir autrement. Nous avons déjà eu

(1) La plus ancienne remarque faite au sujet de ces Champignons de l'écorce de diverses plantes est de Von Schleiden de Reissek (1846). Cette observation a été confirmée par Schacht (1854), M. Prillieux (1856), M. Drude (1873) et M. Reinke (1873).

l'occasion de dire que la nutrition d'une plante normale se faisait à l'aide des poils radicaux ; ces appendices nourriciers n'ayant plus de raison d'être dans les plantes décolorées, puisque ce sont les filaments externes du Champignon qui remplissent leur rôle, ils doivent donc disparaître (*fig.* 116) : c'est d'ailleurs ce que l'observation a appris pour presque toutes les plantes qui nous occupent (1).

Le Champignon ou mycorhize, qui a été ainsi observé dans les racines de ces plantes, s'étend quelquefois à toutes les cellules corticales (*Pogoniopsis*, Orchidée ; *Voyria*, Gentianée), assez fréquemment aussi il reste dans les cellules externes de l'écorce (*Neottia*, *Epipogum*, *Corallorhiza*, Orchidées ; *Sciaphila Schwackeana*, Triuriacées), ou même exclusivement dans l'assise externe (*Burmannia capitata*) (2). La présence du Champignon ne paraît pas nuisible : il se montre dans les parties jeunes immédiatement au voisinage du point végétatif, il n'empêche en rien le développement, et toujours dans ces régions on voit, à côté de la pelote fungique, le noyau et le protoplasma de la cellule correspondante de la racine. Les filaments traversent les cellules superficielles et s'étendent de là dans le sol.

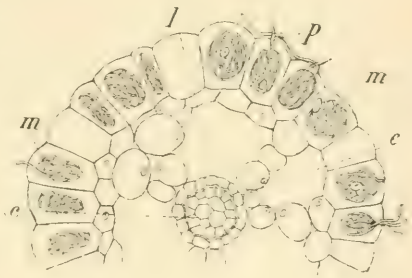


Fig. 116. — Section transversale d'une racine d'une plante parasite (*Burmannia*) ; *m*, mycorhize formé par des pelotons qui émergent au dehors en *p* ; *l*, lacunes ; *e*, endoderme ; *c*, cylindre central (d'après M. Johow).

L'aspect que nous venons de décrire mérite d'être appelé normal chez les plantes saprophytes. Chez l'*Hypopithys* cependant, les choses se passent autrement : ici le Champignon est

(1) M. Johow, qui a fait une étude approfondie de cette question ne cite comme exception à cette règle qu'une Triuriacée (*Sciaphila*). Il y a des poils rudimentaires dans une Orchidée saprophyte (*Pogoniopsis*) et de simples papilles dans les Burmanniacées.

(2) Récemment M. Groom a découvert un Champignon analogue dans la racine d'une plante qu'il appelle *Protolirion*, à cause de ses affinités avec les Liliacées.

seulement superficiel, il forme sur l'assise externe une sorte de gaine de faux parenchyme ; de cette gaine partent extérieurement des filaments qui jouent le rôle de poils, et les matières nutritives puisées dans le sol pénètrent dans la Monotropée sans que le Champignon s'introduise dans les cellules de la racine.

Il y a cependant un genre de la famille des Orchidées, le *Wullschlægelia*, qui fait exception à la règle précédente, ce n'est que très exceptionnellement que M. Johow a observé des filaments de Champignon dans les cellules corticales et seulement sur les échantillons des Antilles, mais non sur ceux du Brésil. Doit-on regarder cette exception comme enlevant toute valeur aux remarques que nous venons de faire relativement à la présence constante d'un Cryptogame dans les racines des saprophytes ? Nous ne le croyons pas, surtout maintenant que les expériences de M. Franck ont établi le rôle très utile de Champignons analogues qu'on observe dans les racines des arbres des forêts ; en cultivant en effet une plante qui possède d'ordinaire de pareilles végétations fungiques (1) dans un sol qui avait été stérilisé, il n'a obtenu qu'un développement chétif et les mycorhizes ne se sont pas montrées ; sur un sol non stérilisé, la croissance a été, au contraire, normale. Nous pensons donc que l'exception du *Wullschlægelia* mériterait d'être étudiée de plus près, et il est probable que cette Orchidée a dû trouver un autre procédé pour se nourrir.

En somme on voit donc que, le plus ordinairement, les plantes étiolées qui arrivent à fleurir dans les régions obscures des forêts se nourrissent grâce au concours de Champignons ; il n'y a donc pas lieu de s'étonner qu'elles remplacent très souvent ces Cryptogames. Dans nos pays, la végétation saprophyte n'est guère représentée que par le *Neottia nidus avis* et par le *Monotropa* ; ce sont les grandes Agaricinées de nos bois qui constituent presque complètement la flore des feuilles mortes. Dans les régions tropicales, les Champignons sont au contraire peu nombreux et ce sont les Phanérogames incolores qui se substituent à eux : elles y existent quelquefois en nombre appréciable, non seulement comme familles, genres et espèces, mais aussi comme individus.

(1) Il s'agit d'un Pin.

L'abondance des Phanérogames saprophytes est tout à fait remarquable dans les îles de la Malaisie, dans les forêts brésiliennes et aux Antilles. Leur nombre est même dans certains cas assez grand pour qu'elles aient en plusieurs contrées fixé l'attention des Indiens les plus sauvages : c'est ainsi que, sur les bords du Rio Negro, les habitants connaissent bien ces plantes et leur ont donné des noms qui indiquent que leur aspect a surtout frappé leur imagination (barbe du diable). Sur 160 espèces saprophytes connues, il y en a 122 tropicales (1). Il y a d'ailleurs parmi elles des types appartenant à des familles exclusivement tropicales comme les Burmanniacées (2) et les Triuriacées. Les Orchidées dans les régions chaudes nous offrent aussi de nombreux représentants de ce mode de vie.

L'hypothèse que nous avons formulée plus haut relativement à l'origine des saprophytes nous conduit à penser que ces végétaux doivent croître dans les parties profondes des forêts vierges, dans un sol riche en matières qui se décomposent. C'est aussi là, en effet, qu'on les trouve pour la plupart et il est infiniment vraisemblable que ces régions ont été leur centre de création. Par la suite, ces espèces ont pu émigrer, cela n'a rien d'étonnant, car nous savons que partout dans la nature les êtres vivants tendent à envahir de nouveaux territoires. Ceci nous permet d'expliquer la présence de quelques espèces en dehors de leur station normale. Le *Dictyostegia orobanchoides* (Burmannaciée) se rencontre dans les savanes humides très riches en humus. L'*Hypopithys* de nos pays septentrionaux s'observe de même dans les dunes découvertes où poussent des Graminées.

Le sol sur lequel croissent donc beaucoup de saprophytes est riche en feuilles pourrissantes, il en est ainsi pour beaucoup de Triuriacées et d'Orchidées. On peut cependant les rencontrer sur un sol argileux dans lequel on n'observe pas de traces de débris de végétaux, c'est ce que

(1) Il y en a 60 en Asie, 55 en Amérique et seulement 4 en Afrique. L'Europe ne contient que 17 espèces.

(2) Les genres *Apteria* (de l'Amérique du Nord) et le genre *Arhaenites* (de l'Amérique antarctique) font seuls exception. M. Groom a décrit récemment une saprophyte de Malaisie, le *Protolirion*, qui doit être ajoutée aux espèces signalées comme tropicales.

M. Reinke a constaté pour les espèces de nos pays comme le *Neottia*, le *Corallorhiza* et l'*Epipogon* ; mais, dans ce cas, le sol avait été fortement humecté par un liquide qui avait traversé une couche de feuilles en décomposition. Il n'est pas rare non plus de voir quelques-unes des espèces qui nous occupent se développer sur des branches mortes et tombées, observation qui a été faite pour des *Apteria* (*fig.* 117), des *Gymnosiphon* (Burmanniacées). On voit aussi plusieurs de ces végétaux croître sur l'écorce des arbres, au milieu du terreau que rassemblent certaines espèces épiphytes : on a signalé notamment le fait pour des *Voyria*, Gentianées remarquables sur lesquelles nous aurons à revenir.

Fig. 117. — *Apteria*, plante saprophyte se développant sur un morceau de bois (d'après M. Johow).

Les difficultés très grandes que rencontrent les saprophytes pour se nourrir se manifestent dans quelques cas, d'une manière assez évidente, par la spécialisation des points sur lesquels on les rencontre : l'*Hypopithys hypophegea* s'observe presque toujours sur un sol contenant des débris de Hêtre ou d'Epicéa ; le *Dictyostegia orobanchoides* est d'ordinaire au Brésil en relation avec des débris de Palmiers. La remarque précédente confirme, encore une fois, les similitudes entre les Champignons et les saprophytes.

La présence accidentelle de certaines espèces dans les régions découvertes tient peut-être à la présence dans la terre des débris végétaux qui leur sont indispensables, car il est à noter que les deux espèces précédentes sont aptes à se développer dans les lieux éclairés.

D'ailleurs il arrive que diverses plantes, qui ont ainsi le pouvoir de croître dans les régions ensoleillées, possèdent, par cela même, la capacité de produire un peu de chlorophylle : ce pigment s'observe chez le *Pogonia pusilla*, Orchidée qui végète aussi dans les stations non ombragées.

Cette considération nous amène à distinguer des plantes

qui, bien que vertes, ont cependant la propriété de mener une existence de saprophyte. La différence entre ces végétaux et ceux qui ont un mode de nutrition normale devient délicate, et il se peut d'ailleurs qu'il y ait de nombreux stades de transition entre eux.

Lorsqu'une plante est, au contraire, incolore, le saprophytisme est toujours facile à discerner si elle n'est pas parasite. On désigne, dans ce cas, sous le nom d'holosaprophytes, les végétaux ainsi dépourvus totalement de pigment vert ou qui n'en ont pas d'une manière appréciable à l'œil nu, réservant celui d'hémisaprophytes aux espèces qui ont nettement de la chlorophylle (1).

Dans un grand nombre d'holosaprophytes, la chlorophylle n'existe pas, car elle ne peut pas être mise en évidence ni par l'étude microscopique, ni par l'emploi de l'extrait alcoolique. A la place des corpuscules verts, on trouve des granules colorés ou des grains d'amidon. Dans l'*Apteria*, il y a des chromatophores jaune d'or auxquels sont attachés des grains amylacés.

Cependant il ne faudrait pas croire qu'une substance verte ne puisse être manifestée chez les plantes saprophytes décolorées. Le *Neottia nidus avis*, qui est d'un brun fauve, contient en puissance une certaine quantité de matière que l'on met en évidence en plongeant la plante dans l'alcool; dans ces conditions, comme l'a remarqué pour la première fois M. Wiesner, la plante verdit et ne tarde pas à abandonner au liquide cette couleur ; toute substance qui a la propriété de détruire la matière brune se comporte d'ailleurs de même : les acides, les alcalis, l'eau bouillante colorent également en vert la plante précédente, et c'est d'ailleurs dans les chromoleucites bruns qu'existe ce pigment qui serait analogue à la chlorophylle, car sa dissolution présente au spectroscope les raies caractéristiques de cette substance. M. Prillieux a cherché à voir si ces leucites sont susceptibles de provoquer la décomposition de l'acide carbonique ; il n'est jamais parvenu à mettre en évidence un dégagement d'oxygène ; peut-être qu'en employant la méthode du bâton de phosphore qui a permis de résoudre cette question pour la Cuscute arriverait-on à répondre affirmativement. On sait d'ailleurs que des parasites qui sont d'un

(1) D'après M. Johow.

vert accusé (contrairement à ce que dit M. Ewart) ne possèdent cependant pas le pouvoir de dégager de l'oxygène ; cela tient à ce que, dans ces végétaux, la respiration l'emporte sur l'assimilation du carbone (car on sait que ces deux phénomènes sont inverses).

Le *Limodorum abortivum*, Orchidée violacée pâle de nos pays, possède des grains de chlorophylle assez abondants dans ses organes aériens ; malgré cette coloration, l'assimilation ne s'y produit pas (1).

On trouve, semble-t-il, des transitions insensibles entre les saprophytes incolores et les saprophytes verts. Il est même possible que, suivant les conditions dans lesquelles végète la plante, on puisse voir apparaître une quantité plus ou moins grande de pigment, et qu'une même espèce soit capable de faire un retour, d'une manière partielle, à la nutrition normale.

Les remarques précédentes ont une certaine importance en ce sens qu'elles nous conduisent à justifier la caractérisation de végétaux saprophytes verts, ce que nous appelons avec M. Johow les hémisaprophytes. Déjà M. de Solms-Laubach avait entrevu la possibilité de leur existence, M. Kerner von Marilaum range même dans cette catégorie un assez grand nombre de végétaux (2), mais la preuve décisive de cette opinion reste à fournir pour la plupart d'entre eux.

Il est cependant des cas où un argument peut rendre cette manière de voir très vraisemblable, c'est quand il existe dans les racines de la plante un Champignon analogue à celui que nous venons de signaler dans toutes les plantes holosaprophytes étudiées jusqu'ici. Déjà, en 1846, Reissek avait constaté que plusieurs Orchidées vertes de nos pays, le *Gymnadenia viridis*, le *Platanthera bifolia*, l'*Orchis morio*, contiennent des Champignons corticaux tout à fait analogues à l'endophyte du *Neottia*. Mollberg, en 1884, a étendu cette constatation à des *Epipactis* et des *Cephalanthera*. Enfin, en 1886, M. Wahrlich a retrouvé ces mêmes masses fongiques non seulement dans les Orchidées terrestres d'Europe, mais chez

(1) D'après M. Bonnier.

(2) Il cite : *Agrostis alpina*, *Nardus stricta*, *Eriophorum vaginatum*, *Carex curvula*, *Juncus trifidus*, *Trientalis europæa*, *Tofieldia borealis*, *Anemone alpina*, *Dentaria bulbifera*, *digitata*, *eucaphyllos*, *Viola alpina*, *Meum mutellinum*, etc.

500 espèces exotiques ; il a pu suivre le développement de quelques-unes de ces masses filamenteuses et il a prétendu que ce sont des *Nectria*. Nous reviendrons un peu plus loin sur cette question du saprophytisme des Orchidées ; contentons-nous pour le moment de signaler la grande universalité de ce mode de vie dans les plantes de cette famille (1).

En somme, par tout ce qui précède, et bien qu'une étude approfondie et rigoureuse de ces questions n'ait pas été faite, il y a lieu de penser que le saprophytisme est beaucoup plus général qu'on ne le supposait jusqu'ici (2).

On trouve des Champignons dans l'écorce des racines d'un très grand nombre de plantes, et M. Franck a établi que le mode de vie symbiotique s'observe pour la plupart des grands arbres qui peuplent nos forêts. Alors la nécessité de l'association avec le Champignon n'est pas absolue, il s'agit probablement d'un saprophytisme facultatif, aussi peut-on faire germer un Pin sans mycorhizes ; le développement est, il est vrai, nous l'avons déjà dit, moins riche que dans les conditions normales, c'est-à-dire quand il se fait avec un Champignon.

Le saprophytisme facultatif que nous venons de mentionner nous laisse entrevoir qu'il puisse exister des plantes actuellement en train d'abandonner ce mode de vie ou de

(1) M. Schimper a d'ailleurs constaté pour des Orchidées épiphytes comme l'*Isochilus linearis* et pour un *Aeranthus* la présence de mycorhize dans les racines. Pour l'*Aeranthus funalis*, il n'y a pas de Champignon dans les parties des racines qui pendent librement dans l'air, mais seulement là où la racine est au contact du substratum. On peut même n'avoir de mycorhize que sur une face.

(2) La présence de parasites n'est d'ailleurs pas rare chez les épiphytes. M. Treub a trouvé des Champignons sur le prothalle du *Lycopodium Phlegmaria*, où le mycélium pullule dans toutes les cellules et se développe en outre d'une manière particulièrement puissante dans les cellules de pied, dans les poils de la racine dont ils sortent pour entourer ces poils d'un feutrage de filaments ; chez le *Lycopodium cernuum*, d'après le même auteur, le Champignon n'apparaît que dans les cellules périphériques du prothalle et dans les espaces cellulaires. Selon M. Bruchmann, pour le *Lycopodium annotinum*, c'est dans l'intérieur des poils radicaux ainsi que dans les tissus corticaux superficiels qu'on les observe. M. Gœbel, qui a étudié le développement du *Lycopodium inundatum* en Europe, a vu dans tous les prothalles un Champignon qu'il rapproche hypothétiquement d'ailleurs des *Pythium*. Enfin, selon M. de Solms-Laubach, il y a d'une manière constante des filaments d'un Champignon dans les rhizomes d'une autre Lycopodiacée épiphyte, le *Psilotum*, qui se développe dans les régions tropicales.

l'acquérir. Ce serait donc par suite de l'invasion d'un Champignon dans leurs parties souterraines que quelques végétaux seraient devenus aptes à vivre dans l'humus et à se passer de l'acide carbonique de l'air : la décoloration aurait donc été une des conséquences de la vie symbiotique et de l'étiolement.

Nous n'avons envisagé jusqu'ici qu'une seule catégorie de plantes saprophytes ; il semble cependant qu'il puisse y en avoir une seconde d'une autre nature. Les parasites qui vivent aux dépens des racines ont avec les espèces qui viennent de nous occuper de grandes ressemblances : elles croissent sur le sol et sont souvent décolorées, aussi a-t-on longtemps rangé les *Neottia* et les *Monotropa* parmi les parasites. Des études attentives ont montré que ces rapprochements n'étaient pas justifiés. Malgré cela, il ne paraît pas invraisemblable d'admettre qu'il puisse y avoir des termes de passage entre ces deux types de végétaux.

Les observations de M. Leclerc du Sablon et de M. Koch paraissent justifier partiellement cette conception. Ils ont constaté que le *Melampyrum pratense*, espèce parasite, pouvait quelquefois vivre sans hôte dans un sol riche en humus (1). Dans les premiers débuts de son développement, cette plante peut donner des suçoirs qui s'insinuent dans les débris organiques et cherchent vraisemblablement à en extraire la nourriture qui peut leur convenir. Les racines de cette plante se nourrissent de parties mortes, de tiges de Mousses, de débris des mycorhizes, de racines de Graminées, etc. Là où les ramifications souterraines du Mélampyre viennent au contact d'un de ces corps, il se forme une sorte de suçoir. Au début, il se produit une bosse qui, par des prolongements des cellules épidermiques, entoure les débris du sol ; le mamelon précédent grossit, il se creuse d'une rigole dans laquelle l'objet est emprisonné et bientôt corrodé par les cellules superficielles du suçoir qui pénètrent jusqu'en son centre et jusqu'aux vaisseaux, s'il y en a. Les éléments anatomiques qui s'engagent ainsi dans les brindilles voisines sont différenciés en trachées. La nutrition qui se produit ainsi n'est pas négligeable, car si l'on déracine avec le

(1) Le *Santalum* dont nous avons parlé plus haut se rattache à ce type.

plus grand soin un pied de cette plante, il n'est pas rare d'y observer une centaine de pareils organes.

L'exemple que nous venons de citer nous permet donc de caractériser une seconde catégorie de plantes saprophytes, celles qui manquent de mycorhizes, mais qui ont des appareils de succion leur permettant de se nourrir aux dépens des matières organiques du sol. Ces saprophytes, qui ont évidemment des affinités avec les parasites, forment donc un second type très intéressant parmi les plantes qui nous occupent. Il y a lieu de penser qu'il existe d'autres représentants de ce groupe en dehors du *Melampyrum pratense*. M. Wettstein et M. Heinricher, qui ont cherché tout récemment à cultiver sans hôte d'autres Rhinanthacées comme les *Euphrasia*, les *Odontites*, les *Orthantha*, ne sont cependant pas arrivés à établir l'existence possible du saprophytisme pour ces végétaux. Ils obtiennent bien la germination des graines de ces plantes quand ils les sèment seules, c'est-à-dire sans plante hospitalière ; mais il faut, pour réussir, placer les semences en grand nombre les unes à côté des autres : dans ces conditions, quelques individus se développent et arrivent jusqu'à floraison, mais en se nourrissant aux dépens des racines des plantes fraternelles voisines. Il y a donc encore dans ce cas parasitisme, assez singulier, il est vrai, puisque c'est l'espèce qui vit sur elle-même (1).

Quoi qu'il en soit, il n'en demeure pas moins acquis que le saprophytisme a pu être réalisé par des êtres ayant des origines assez diverses, et par conséquent le groupe qui nous occupe peut nous offrir des termes de transition vers ceux que nous avons étudiés dans les chapitres qui précèdent. Nous venons de mentionner plus haut une convergence des saprophytes qui sont ordinairement herbacés vers les plantes arborescentes ou ligneuses (Conifères, Cupulifères, Éricacées). Nous avons indiqué également le lien intime qui réunissait les épiphytes et les saprophytes. Il nous reste à signaler des termes de passage entre les saprophytes et les plantes grimpantes : le genre *Galeola* est particulièrement intéressant à

(1) Voir page 193 un autre cas d'autoparasitisme (*Ximenia*). M. Heinricher est arrivé à obtenir le développement de l'*Odontites-Odontites* isolé ; il ne croit pas cependant, dans ce cas, avoir affaire à un cas de saprophytisme, car il a obtenu le développement sur du sable.

cet égard, car c'est une Orchidée incolore qui a la propriété de s'enrouler autour des supports à la manière des plantes volubiles.

Maintenant que nos conceptions sur la vie saprophyte sont un peu précisées, nous allons examiner si ce mode d'existence peut avoir un retentissement sur l'ensemble de l'organisation du végétal. En cherchant à définir les saprophytes dans tout ce qui précède, nous avons été amenés à signaler plusieurs caractères (tels que l'absence de poils radicaux dérivant de la présence de mycorhizes) qui ont un lien évident avec l'adaptation. Voyons si ce sont les seules particularités de ces végétaux qui se rattachent à cette origine.

Adaptations des racines et organes souterrains. — La vie souterraine a pour les espèces saprophytes une importance considérable, car, en somme, tout s'ébauche pendant cette période de l'existence, et la tige aérienne, qui n'a qu'une croissance très éphémère, est déjà presque formée dans le sol ; aussi Irmisch a-t-il pu, avec juste raison, appeler les habitants de l'humus qui sont dépourvus de chlorophylle des plantes hypogées.

La racine présente assez communément chez les saprophytes un aspect tout spécial qui l'a fait quelquefois comparer à un nid. C'est là ce qui s'observe dans un certain nombre d'Orchidées (*Neottia*, *Galeola*, *Wallschlægelia*, *Limodorum*, *Aphyllorchis*, etc.), de Burmanniacées (*Thismia*, *Bagnisia*, *Arachnites*) et de Gentianées (*Voyria tenella* et autres espèces).

La singulière disposition des racines du *Neottia* avait déjà frappé Tragus (en 1552) et, dès une époque reculée, Dalechamp (en 1586) tirait de la comparaison de leur ensemble avec le nid d'un oiseau le nom que la plante a conservé de nos jours. La tige de cette espèce se termine dans le sol au milieu d'une masse le plus souvent ovoïde de racines courtes, charnues et fort serrées les unes contre les autres. A quelle cause peut bien tenir cette forme si particulière ? Nous n'avons pas d'expériences directes pour répondre à cette question, mais une observation de M. Franck sur les racines des arbres à mycorhizes peut nous éclairer. Il remarque, en effet, qu'au premier aspect les racines d'arbres dépourvues de Champignons se distinguent nettement des autres qui en contien-

nent : chez ces dernières, la croissance en longueur est notablement diminuée, par contre la tendance à la ramification s'accentue et les racines prennent un aspect buissonnant, coralloïde, tout à fait caractéristique (1).

La tendance à la réduction de la racine qui s'accuse ainsi peut s'exagérer, et, dans plusieurs plantes, cet organe fait complètement défaut, ou du moins est tellement atrophié qu'on a pu dire qu'il n'existait pas : c'est là ce qui s'observe pour les *Corallorhiza* et les *Epipogon*. Les rhizomes, dans ce cas, subissent comme les racines des autres espèces saprophytes l'action des mycorhizes, ils se déforment de la même manière, présentent des ramifications courtes et répétées donnant à ces organes un aspect tout à fait spécial et très caractéristique (2).

Il est bien évident qu'au point de vue de l'excitation due à l'action du Champignon les variations les plus grandes peuvent se produire ; il y a des espèces chez lesquelles on trouve des termes de transition entre l'état filamenteux des racines et l'état coralloïde, notamment dans certaines Gentianées (*Voyria chionea*, *trinitatis*, etc., *Voyriella*) (3). Dans les *Monotropa*, les *Hypopithys* et les *Pogonopsis*, les racines restent cylindriques mais courtes.

La structure des organes radicaux est en général très simplifiée, et on y remarque souvent une atrophie tout à fait remarquable du système conducteur, principalement du système libérien. Dans certains cas, en particulier dans le *Sciaphila Schwackeana*, tous les éléments du cylindre central sont lignifiés : il n'y a donc plus de liber du tout, mais cependant le système ligneux existe encore. L'atrophie du système qui conduit la sève élaborée (qui est en relation avec l'avortement des feuilles) nous laisse entrevoir quelles modifications la physiologie des plantes qui nous occupent peut subir. La

(1) On sait, d'autre part, que pour des Cycadées l'aspect coralloïde des racines est en relation également avec la présence d'organismes étrangers, des Nostocs.

(2) Un certain nombre d'Orchidées exotiques ont un rhizome tuberculeux indivis, ce qui est peut-être le résultat ultime de l'action de la mycorhize; il n'est pas impossible aussi que les racines tuberculeuses des Ophrydées de nos pays aient cette origine ?

(3) Les Triuriacées et plusieurs Burmanniacées gardent leurs racines grêles et assez allongées.

réduction des éléments conducteurs n'est pas, il est vrai, toujours aussi complète ; malgré cela, comme M. Johow le fait remarquer, la structure du cylindre central d'une Burmanniacée est tellement rudimentaire qu'elle rappelle celle qu'on observe chez les plantes aquatiques dont l'organisation est réduite à sa plus simple expression (un *Najas*, par exemple).

Partie aérienne. — Le développement de la partie aérienne est, en général, très faible pour les holosaprophytes ; cela se conçoit si nous remarquons qu'elle se réduit, en somme, à des hampes florales qui ne portent pas de feuilles, mais de simples écailles. Leur rôle étant de produire des fleurs, leur existence est donc très éphémère : par cela même elles doivent consacrer toutes leurs forces à l'édification des organes de reproduction, de sorte que toute perte inutile d'eau doit être soigneusement évitée, aussi n'ont-elles pas de stomates (1). L'absence de stomates est d'ailleurs en rapport avec le manque de tissu assimilateur qui contribue d'ordinaire à provoquer dans la plante un courant transpiratoire (phénomène qui est, comme on le sait, en relation avec la chlorophylle). Le lien qui existe entre l'apparition des stomates et la présence de chlorophylle se manifeste d'ailleurs chez quelques Burmanniacées : si elles sont un peu teintées de vert, elles présentent quelques ostioles stomatiques (*Burmannia capitata*) ; les autres espèces de la même famille qui n'ont pas ce pigment manquent complètement d'orifices (exemple : *Gymnosiphon trinitatis*, *Apteria setacea*, *Dictyostegia orobanchoides*, etc.). Il est à remarquer également que le *Limodorum abortivum*, Orchidée violette de nos pays, qui a des écailles vertes seulement dans la partie médiane, possède aussi des stomates uniquement dans cette région (2).

(1) La seule espèce qui en possède, mais sur la partie souterraine seulement, est l'*Epipogon aphyllus*. L'intéressante étude de M. Gœbel sur les Equisétacées décolorées comme l'*Equisetum arvense* nous apprend que les tiges fertiles s'ébauchent dans ce cas entièrement dans le sol. Comme dans les plantes qui nous occupent, la tige blanc brunâtre de ces végétaux est dépourvue de stomates qui lui feraient perdre l'humidité qui doit être consacrée au développement des spores. Cet auteur a précisé les conditions accidentelles où la chlorophylle pouvait se former dans ces tiges incolores.

(2) Le *Corallorhiza innata* fait cependant exception à cette règle, car il ne possède point de stomates, bien que ses écailles et sa tige soient vertes.

L'absence de chlorophylle a une autre conséquence qui d'ailleurs dérive, pour ainsi dire, de la première, c'est que les espaces intercellulaires où s'accumule la vapeur d'eau manquent dans l'écorce de ces tiges (1).

Un autre fait, dérivant des conditions de vie dans lesquelles se trouvent les saprophytes, se manifeste à nous par la réduction du tissu de soutien. Une plante qui végète à une lumière très atténuée, d'après tout ce que l'on sait sur les végétaux développés à l'obscurité (2), ne peut avoir un squelette bien puissant. Quelquefois il manque complètement, un *Voyria tenella* (Gentianée) n'est formé que d'éléments à paroi mince ; les vaisseaux eux-mêmes sont de constitution molle et les besoins mécaniques de la tige sont satisfaits, comme chez les Mousses, par la simple diminution du calibre des cellules dans la région périphérique. A côté de ce cas extrême, on trouve chez d'autres types un tissu mécanique un peu plus important, formant un anneau complet, auquel sont adossés les faisceaux libéro-ligneux.

Quant à la constitution histologique de ces derniers faisceaux, elle est souvent normale ; cependant on a affirmé que dans l'*Epipogon* ils restaient formés de cellules de cambium, mais sans parois épaisses et sans différenciation en bois et en liber. Cette structure, qui mériterait d'être de nouveau vérifiée, n'a pas été retrouvée dans les autres Orchidées (*Neottia*, *Corallorhiza*, *Pogonopsis*) qui présentent bois et liber avec tubes criblés (3). Il n'est cependant pas impossible que l'observation précédente se trouve confirmée, car M. Johow a montré plus récemment que chez quelques Burmanniacées (*Apleria setacea*, *Gymnosiphon trinitatis*) les petits faisceaux sont complètement lignifiés et qu'il n'y a plus lieu d'y distinguer du liber. Cette atrophie du système conducteur de la sève dont l'élaboration se fait dans les feuilles, grâce à la présence de la chlorophylle, n'a pas trop lieu de nous surprendre, puisque cette matière pigmentaire manque le plus souvent complètement. La nutrition se fait ici surtout par la partie souterraine,

(1) Dans les Burmanniacées vertes, le système lacuneux est, au contraire, développé.

(2) Rauwenhoff.

(3) La même structure a été retrouvée par M. Johow chez des Burmanniacées (*Dictyostegia*) et des Triuriacées (*Sciaphila*).

le transport des matières azotées aurait donc lieu surtout par le système ligneux. Ce sont là des conséquences intéressantes qu'il faudrait contrôler. Il serait également utile de savoir si, lorsque le liber existe, la sève y circule et dans quel sens.

Adaptations florales. — Mais, parmi les modifications que nous avons à signaler, les plus intéressantes sont celles qui se rapportent à la fleur et particulièrement à l'embryon. Il n'y aurait aucune exception, selon M. Johow, à la règle suivante : les plantes saprophytes bien nettement caractérisées et dépourvues de chlorophylle présentent toujours un embryon homogène indifférencié. M. Haberlandt regarde ce fait comme une adaptation résultant du mode de vie, car, selon lui, la nécessité de réserves importantes dans la graine ne se fait plus sentir pour des êtres qui habitent l'humus et qui trouvent tout de suite à leur disposition, dans le sol où ils végètent, les aliments qui leur conviennent. Doit-on ajouter qu'il faut attribuer à cette particularité la disparition ou la diminution des réserves et l'atrophie de l'embryon? Nous ne pensons pas qu'il faille ainsi raisonner; il nous paraît plus vraisemblable d'admettre que c'est plutôt l'étiolement qui a dû intervenir au début : l'absence de lumière dans les profondeurs de la forêt vierge ayant affaibli la plante, elle peut fleurir, mais tout juste pour ne pas disparaître, et elle n'a pas un excès de matériaux nutritifs à consacrer à la formation des graines. Cette sorte d'épuisement du végétal se manifeste quelquefois simultanément par le petit nombre des graines formées et par la simplicité de structure de l'embryon. On entrevoit cependant que, dans ce dernier cas, la disparition de l'espèce pouvait être à craindre. Les efforts de la sélection ont dû le plus souvent se porter vers la multiplication des semences, car elles sont incapables de germer sur un grand nombre de milieux, et toutes celles qui ne rencontrent pas l'humus substratum pouvant seul leur convenir, sont vouées à la mort. Faire beaucoup de graines avec peu de matières nutritives est un problème difficile à résoudre : dans le cas actuel, la qualité a dû être sacrifiée à la quantité.

La comparaison de la structure de diverses graines justifie d'ailleurs cette hypothèse. S'il n'y a pas d'albumen, la graine petite a un embryon indifférencié, mais composé d'un grand nombre de cellules (*fig.* 119, p. 223). La semence est-elle au contraire pourvue d'albumen, c'est évidemment l'embryon qui

doit alors pâtir et son développement devra s'arrêter à un de ses premiers stades : c'est ce qui s'observe chez les Burmanniacées où l'amande, formée de l'embryon et de l'albumen, est si petite que l'on a longtemps ignoré l'existence de ce dernier tissu dans les représentants de cette famille. Jusque dans ces derniers temps, on regardait l'albumen contenant l'embryon comme l'embryon lui-même indifférencié. Cette méprise s'explique si l'on tient compte à la fois du faible développement de l'albumen et de la réduction tout à fait extraordinaire de l'embryon. C'est M. Treub qui a montré, pour le *Gonyanthes candida* et pour le *Burmannia javanica*, l'erreur qui avait été commise ; par suite de la présence de cet albumen, il a été conduit aussi à éloigner les Burmanniacées des Orchidées, au voisinage desquelles on les plaçait jusque-là. L'embryon est très petit ; il est cependant formé d'une dizaine de cellules dans un *Burmannia capitata*, d'après M. Johow (*fig.* 118). Dans les *Apteria*, il peut se réduire à trois cellules superposées. Dans les Triuriacées, comme dans la famille précédente, l'ovule est anatrope ; un seul tégument le revêt extérieurement ; la graine est également pourvue d'un albumen assez développé et d'un embryon tout à fait rudimentaire.

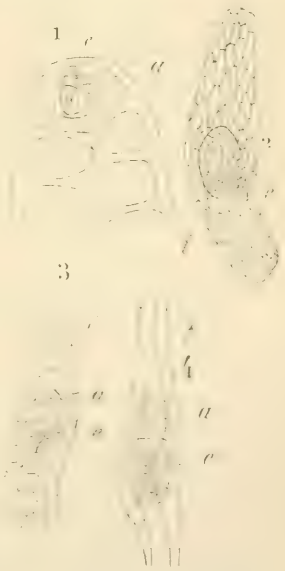


Fig. 118 à 121. — Graines de saprophytes : 1. *Burmannia* ; 2. *Neottia* ; 3. *Hypopithis* ; 4. *Voyria*. *a*, albumen ; *b*, embryon ; *t*, tégument.

Les mêmes remarques peuvent être faites pour les Dicotylédones les plus diverses. Dans le groupe des Pirolées, des recherches spéciales n'ont pas été récemment faites, mais on sait par les études de Bentham et Hooker que l'embryon est très petit dans le genre *Pirola* où d'ailleurs il y a une espèce saprophyte bien caractérisée, le *Pirola aphylla*. La structure des graines de l'*Hypopithys hypophegea* est connue par les recherches de M. Koch : l'ovule

est anatrope avec un seul tégument ; l'ébauche du sac embryonnaire, d'après M. Johow, a lieu d'après le mode ordinaire ; après la fécondation, ce sac se remplit rapidement de huit cellules, dont deux ne tardent pas à mourir de sorte que l'albumen reste formé de six petits éléments. La formation de l'embryon demeure à un stade inférieur du développement, mais elle s'opère d'après le schéma caractéristique des Dicotylédons : il y a une ébauche de suspenseur et une sphère embryonnaire qui se sépare en huit octants et isole une cellule d'hypophyse (*fig.* 120, 3).

Chez les *Voyria*, la croissance de l'ovule est bien plus remarquable encore. D'abord il ne se forme jamais de téguments, nous avons donc affaire à une plante assez rudimentaire à ce point de vue. Ce qui existe doit-il être regardé comme un nucelle ou un ovule dans lequel les téguments et le nucelle ne se différencient pas? C'est ce qu'il serait difficile de dire, car la question n'a pas été examinée à ce point de vue par M. Johow ; il semble cependant qu'il n'y ait pas de traces fasciculaires et que l'on ait affaire à un simple nucelle. La bosse ovulaire ne tarde pas à former un sac embryonnaire dans lequel on distingue les cellules antipodes, le noyau secondaire du sac, l'oosphère et les deux synergides. Le nucelle en se développant forme une sorte d'enveloppe à la graine. Il est à remarquer ici, bien que l'ovule ne se courbe pas, que l'oosphère cependant se forme vers le bas exactement comme si l'on avait affaire à un ovule anatrope. C'est là une propriété singulière de cet organe. La fécondation opérée, il se développe un embryon qui reste extrêmement rudimentaire, puisqu'il n'est souvent formé que d'*une cellule ;* il est entouré d'un albumen peu volumineux. Assez fréquemment cependant la réduction de l'embryon est moins grande et il est formé de trois cellules (*Voyria uniflora* et *tenella*) (*fig.* 121, 4).

M. Johow dit que l'ovule est ici aussi rudimentaire que dans les *Balanophora ;* les recherches de M. Van Tieghem indiquent cependant une réduction plus grande dans le dernier cas, car ces plantes sont rangées dans les inovulées. Ici nous avons affaire à une espèce ayant des ovules caractérisés mais dépourvus de tégument. Dans ces organes, la cellule primordiale du sac embryonnaire se forme vers sa partie supérieure, de sorte que le sommet de l'ovule est en haut du dessin ; l'oo-

sphère devrait donc se différencier au sommet du sac embryonnaire en *t* (*fig.* 123, 2), or il se forme en *o* (id.) ; il nous paraît résulter de ce fait que l'œuf est à la partie inférieure du sac embryonnaire, qu'il y a par conséquent basigamie comme chez certaines Loranthacées et Balanophoracées (1).

Par l'ensemble de ces caractères, il semblerait que les *Voyria* dussent se placer dans la classification générale des plantes à ovules sans tégument, au voisinage des Antholobées. Mais ce n'est pas l'opinion à laquelle se sont arrêtés la plupart des auteurs qui se sont occupés jusqu'ici de ces plantes, car ils les mettent dans les Gentianées. Nous les laisserons dans cette position et nous admettrons que la dégradation si remarquable qu'ils présentent doit-être attribuée au saprophytisme.

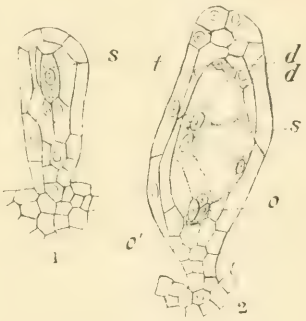


Fig. 122 et 123. — Ovules de *Voyria*. 1. Ovule jeune ; 2. ovule plus âgé ; *s*, sac embryonnaire ; *o*, *o'*, oosphère et synergides opposées au sommet de l'ovule ; *t*, antipodes (d'après M. Johow).

La conclusion précédente peut être d'ailleurs étendue aux graines de toutes les plantes précédentes dont le saprophytisme est incontestable comme les Burmanniacées, les Triuriacées, les Monotropées, etc.

Pour les Orchidées, il y a peut-être lieu de tirer une conséquence assez intéressante de l'étude que nous venons de faire. Le nombre des genres de cette famille pour lesquels le mode de vie saprophyte est établi d'une manière incontestable est assez élevé, en voici la liste d'après M. Johow : *Corallorhiza*, *Hexalectris*, *Pachysloma*, *Galeola*, *Wullschlægetia*, *Neottia*, *Spiranthes*, *Lecanorchis*, *Aphyllorchis*, *Stereosandra*, *Pogonia*, *Pogoniopsis*, *Leucorchis*, *Gastrodia*, *Yoania*, *Epipogon* et *Limodorum*. Il est à remarquer que ces genres appartiennent surtout à la tribu des Néottiées, mais il y a aussi parmi eux des représentants d'autres divisions, car le *Limodorum* est une Arethusée. Dans tous les genres dont nous venons de rappeler les

(1) D'après M. Fidgor, il y aurait une structure analogue chez une autre espèce saprophyte, le *Cotylanthera tenuis*.

noms, la chlorophylle n'existe pas d'une manière notable et tous ont été rangés dans la catégorie des holosaprophytes. Dans ce sujet si délicat des adaptations florales, il nous a paru indispensable d'examiner d'abord seulement les végétaux de ce groupe pour avoir le droit d'en tirer des conclusions indiscutables. Sachant maintenant que dans tous les holosaprophytes l'embryon est toujours indifférencié, nous sommes amenés à croire que si ce caractère se retrouve chez certaines espèces hémisaprophytes, il pourra avoir la même origine. Mais, si nous tenons compte de ce que nous avons déjà dit sur les Orchidées vertes, nous voyons que le saprophytisme est beaucoup plus étendu dans cette famille qu'on ne le suppose d'ordinaire. Si l'on tient compte des résultats de Reissek et surtout de ceux de M. Wahrlich, on voit que le nombre des Orchidées pourvues de mycorhizes s'élève à 500 (c'est-à-dire toutes les espèces observées par cet auteur) : les Champignons des racines s'observent non seulement sur des plantes terrestres (*Ophrys*, *Platanthera*, *Epipactis*, etc.), mais sur des espèces épiphytes (comme les *Anœclochilus*, d'après M. Schimper, ou comme les *Epidendrum*).

Ces constatations peuvent donc nous autoriser à admettre que le saprophytisme est général dans toute la famille des Orchidées. De là nous sommes amenés à déduire que le caractère si remarquable et si constant de l'atrophie de l'embryon qui s'observe dans tous les représentants de ce grand groupe est dû à ce mode d'existence.

Nous sommes donc tentés de penser que l'adaptation à la vie saprophyte est le caractère primitif des Orchidées, celui qui a entraîné l'apparition de toutes les autres particularités qui définissent cette singulière famille. Dans cette hypothèse, les saprophytes décolorés seraient la souche de ce groupe ils se seraient différenciés dans les forêts tropicales primitives alors qu'elles étaient beaucoup plus étendues qu'à l'heure présente. La légèreté des graines, qui a dû résulter de ce mode d'existence, a contribué à favoriser l'apparition des épiphytes qui, à la lumière, ont pu reverdir et donner les magnifiques Orchidées tropicales dont nous avons cherché à expliquer précédemment les divers caractères. Quand les régions polaires se sont refroidies, elles ont pu laisser des représentants dans les régions froides : quelques-unes ont continué à

végéter dans les régions obscures des forêts (*Neottia*, *Corallorhiza*) ; d'autres, grâce à la réapparition de la chlorophylle, ont pu s'installer et se maintenir dans les prairies grasses et découvertes.

L'exemple des Orchidées nous paraît donc assez bien choisi pour nous permettre d'entrevoir comment l'ensemble des facteurs cosmiques a pu progressivement métamorphoser tous les caractères d'un groupe très étrange et lui donner les diverses particularités fondamentales que nous lui connaissons (1). Nous avons montré plus haut comment, dans certains cas, l'action du milieu a amené la production dans une famille naturelle d'un seul type végétatif (type arborescent) (2) ou de deux types arborescent et grimpant (3) ; dans le cas des Orchidées : la structure de ces plantes paraît avoir été retouchée à plusieurs reprises pour différencier successivement des saprophytes incolores, des saprophytes verts et des épiphytes.

(1) Voir plus haut ce qui a été dit sur la structure florale page 157.
(2) Page 80.
(3) Page 133.

CHAPITRE XIX

ROLE DES FOURMIS SOUS LES TROPIQUES

Par l'étude des plantes saprophytes, nous avons acquis une idée nouvelle pour nous et très intéressante, celle de la symbiose. Les êtres symbiotiques, qui se réunissent entre eux pour faire une association à bénéfice réciproque, sont souvent très différents l'un de l'autre ; dans le cas des plantes saprophytes qui vient de nous occuper, nous avons vu qu'il s'agissait d'un Champignon et d'une espèce phanérogame ; on connaît d'autres types de consortium : les Lichens, par exemple, qui sont une association d'une Algue et d'un Champignon. C'est même par l'étude approfondie de ces derniers végétaux que l'idée de symbiose a pu obtenir droit de cité dans la science. Ces Lichens, qui sont si communs dans nos pays, se retrouvent sous les tropiques et ils y présentent des caractères analogues à ceux que nous leur connaissons dans nos contrées (1).

Les êtres qui se réunissent deux à deux pour se rendre de mutuels services peuvent être quelquefois plus différents encore, car on peut être tenté de rapprocher des phénomènes de symbiose les faits mis en évidence par M. Schimper établissant l'existence de liens inattendus entre certains arbres

(1) Le groupe des *Cora*, que l'on observe au Brésil, est particulièrement intéressant parce que le Champignon qui se réunit à l'Algue est un Basidiomycète.

Les recherches récentes de M. Moeller et de M. Hariot sur ces plantes ont montré qu'elles sont susceptibles de présenter des variations si grandes que les premiers auteurs qui les avaient observées avaient été conduits à en faire plusieurs genres distincts, bien que ce fût toujours le même être.

et quelques espèces de fourmis. Il y a déjà longtemps que Darwin a montré, dans une remarque pleine d'humour, les rapports imprévus qui pouvaient exister entre les Trèfles d'une contrée et les animaux qui la peuplent (1), mais les faits que nous avons à rapporter indiquent des rapports beaucoup plus étroits entre deux catégories d'êtres vivants aussi différents.

Les fourmis, nous avons déjà eu l'occasion de le dire, jouent un rôle considérable dans les régions tropicales, les récits des voyageurs concordent tout à fait sur ce point (2). Dans certaines contrées, on rencontre des fourmis voyageuses (comme l'*Eciton hamata* et l'*E. drepanophora*) qui se déplacent en troupe ; quand leur avant-garde arrive, tout fuit, et les Indiens, qui connaissent les dangers auxquels ils vont être exposés, s'échappent au plus vite. Stanley a eu l'occasion, dans son voyage à travers la grande forêt africaine, de rencontrer un essaim de fourmis analogues et sa troupe en a grandement souffert.

D'autres espèces s'attaquent surtout à la végétation et il est divers districts du Brésil où la culture d'un certain nombre de plantes, comme l'Oranger, le Grenadier, les Rosiers, le Mango, le Chou, le Caféier, est rendue impossible par suite de la présence de ces animaux redoutables. Les dégâts qu'ils causent s'expliquent aisément quand on observe pendant quelques minutes ces intelligents insectes : on les voit couper en très peu de temps avec leurs mandibules des fragments de feuilles, des pétioles, puis transporter le fardeau ainsi isolé vers leur nid ; ils s'acheminent les uns à la suite des autres, extrêmement affairés vers le point où s'accumulent les matériaux qu'ils ont ainsi ramassés.

Les plantes de culture que nous venons de mentionner plus haut, que ces intimes animaux saccagent ainsi d'une si belle manière, sont des espèces de l'ancien continent qui n'ont jamais été en présence d'un ennemi aussi redoutable ; évidemment si

(1) La fécondation des Trèfles ne s'opère pas sans l'intervention des Bourdons ; ceux-ci peuvent être poursuivis par les Surmulots qui cherchent leurs nids ; ces derniers sont chassés par les Chats, de sorte, dit Darwin, que la fécondation des Trèfles peut dépendre des Chats qui existent dans une région.

(2) Voyez ce que dit Stanley sur ce point (p. 13).

de telles espèces végétales s'introduisaient spontanément dans les régions du Brésil où dominent ces fourmis, ces plantes disparaîtraient rapidement. Mais les végétaux étrangers ne sont pas seuls atteints, un certain nombre de types indigènes ne sont pas épargnés comme les *Caladium*, les *Cassia neglecta*, etc. La lutte contre les coupeuses de feuilles (*Atta histrix*) est donc un des problèmes importants pour l'établissement de la végétation dans ces contrées tropicales et on s'explique que le gouvernement brésilien ait fait des lois pour ordonner la destruction de ces animaux, mais l'efficacité des moyens coercitifs employés jusqu'ici demeure extrêmement douteuse (1).

L'importance des ravages dus à ces fourmis est telle que l'attention des observateurs est inévitablement attirée sur les plantes qui résistent à ce fléau. Les unes sont épargnées probablement parce qu'elles contiennent des sucs nuisibles (Solanées), ou des huiles éthérées, ou des principes aromatiques qui déplaisent aux insectes ; les autres résistent à l'invasion parce que certains types de fourmis se chargent de prendre leur défense. Ce sont ces animaux protecteurs des arbres qui méritent d'être cités comme vivant en symbiose ou en commensalisme avec les végétaux qui les hébergent.

C'est, en effet, à l'intérieur de l'arbre que se trouve le nid

(1) On peut se demander ce que peuvent bien faire les coupeuses de feuilles, dont nous venons de parler, des organes foliaires qu'elles découpent en si grand nombre. M. Moeller, dans une étude approfondie très curieuse, a montré que chaque fourmi, en arrivant au nid, triture la feuille et la transforme en une petite boulette qui est placée à côté de boulettes semblables qui ont été faites par d'autres ouvrières. Ces insectes élèvent ainsi des espèces de murs qui, en réalité, sont des meules à Champignons. Par des expériences très ingénieuses, M. Moeller a montré que les fourmis se nourrissent exclusivement de cette matière fongique, les feuilles ne servant que de substratum pour la fabrication des meules. Les coupeuses de feuilles méritent, à plus juste raison encore, le nom de fourmis-champignonnistes : elles exercent cette profession avec un art merveilleux et c'est un art difficile, car l'homme lui-même est loin d'y être passé maître. C'est d'ailleurs toujours la même espèce de Champignon que l'on trouve dans les nids d'une même espèce, et cette culture s'effectue avec une pureté très frappante, car les maladies qui envahissent si souvent les cultures de nos cultivateurs parisiens sont évitées. Le Champignon, qui est cultivé par une espèce de fourmi, donné en nourriture à des animaux d'une autre espèce cultivant également des Champignons, ne lui inspire que la plus profonde répulsion et on voit ces insectes préférer mourir de faim plutôt que de s'en nourrir.

de ces curieux insectes. Les diverses espèces de fourmis font leurs nids dans les endroits les plus divers. Vient-on à en observer quelques-unes, on ne tarde pas à s'apercevoir qu'elles se dirigent vers un orifice situé à la surface du sol par lequel elles pénètrent dans un labyrinthe souterrain qui atteint quelquefois de très grandes dimensions ; c'est ce qui arrive en particulier pour l'*Atta cephalotes*. D'autres espèces font leur demeure sur les arbres ; c'est ainsi que dans la province de Canton, en Chine, les Orangers en culture sont protégés contre l'invasion de certains insectes par des nids de fourmis ; et, pour rendre la présence de ces insectes plus efficace, les arbustes sont réunis les uns aux autres par des Bambous. Au Brésil, l'immunité que présentent certains arbres contre les fourmis coupeuses de feuilles tient à la présence, dans la région médullaire de leur tige, de fourmis protectrices, il en est ainsi notamment pour les *Cecropia* et pour l'*Acacia sphærocephala*.

Il y a longtemps que l'on a constaté la présence constante de ces insectes (1) dans les tiges creuses du *Cecropia palmata*, mais c'est le naturaliste américain Belt qui, en 1874, a émis le premier l'idée qu'ils pouvaient être utiles aux plantes qui leur servaient d'hôte. Le *Cecropia* est une Urticacée de la tribu des Conocéphalées qui se présente comme un arbre élevé (*fig.* 124, 1, p. 233) se dressant souvent sur des racines échasses ; comme beaucoup d'espèces arborescentes tropicales, il ne se ramifie que supérieurement et ses branches sont disposées en candélabre. Si l'on vient à secouer une de ces plantes, une armée de fourmis fait immédiatement son apparition sur toute sa surface ; ces animaux sortent ainsi en un instant par une multitude de petits orifices qui constituent autant de portes établissant la communication entre leur demeure médullaire et le monde extérieur. D'après Fritz Müller, dans la province de Santa Catherina, au Brésil, c'est toujours une seule et même espèce d'insecte que l'on observe sur une espèce déterminée d'arbre. Sur le *Cecropia adenopus*, par exemple, c'est l'*Azteca instabilis ;* on ne rencontre d'ailleurs jamais cet animal en d'autres stations.

Lorsqu'une femelle de cette espèce de la gent fourmi a été

(1) C'est le botaniste Ray qui, en 1688, a noté le premier ce fait.

fécondée, elle cherche une demeure pour y déposer sa progéniture. Elle s'attaque alors à un entre-nœud de l'arbre dont elle perfore l'écorce, elle pénètre ainsi dans une chambre assez vaste où elle dépose ses œufs ; mais la porte qu'elle s'est ouverte ne tarde pas à se fermer, car les tissus endommagés par les mâchoires de l'insecte sont demeurés vivants, ils prolifèrent, ce qui amène bientôt l'obstruction de l'orifice. Les tissus jeunes et gorgés de sucs qui se produisent ainsi constituent une nourriture immédiatement trouvée pour la mère et elle s'en contente jusqu'au moment où ses descendants peuvent la nourrir autrement (1). Dès que les œufs sont éclos, les ouvrières ainsi formées percent de nouveaux orifices pour aller chercher à l'extérieur d'autres aliments.

Si on suit les insectes dans leurs mouvements, on les voit aller de la porte des loges vers le sol ou de ce même point vers le haut de la tige et les feuilles. C'est sur ces dernières qu'ils trouvent, en effet, la nourriture dont ils ont besoin. A la base du pétiole de chaque feuille, il existe une surface de quelques centimètres carrés portant de petits corpuscules en forme de poires ou d'œufs. A la moindre secousse, ces corpuscules tombent, aussi les fourmis ouvrières s'en emparent-elles aisément et on les voit transporter leur fardeau que l'on prendrait d'abord pour un œuf d'insecte. Ces petites masses, que M. Schimper désigne sous le nom de « corpuscules de Müller » (*fig.* 126, 3), sont encore limité à l'origine avec l'épiderme de la feuille et leur parenchyme est gorgé de matières protéiques et oléagineuses. On conçoit, d'après cela, que ces petits corps constituent un aliment précieux pour les fourmis qui n'en réclament pas d'autre, de sorte que l'arbre fournit à ces animaux le « vivre et le couvert ».

Dans ces conditions, on s'explique aisément qu'une plante aussi utile soit défendue par ces *Azteca* avec la plus grande énergie contre les ennemis qui en veulent à l'arbre. Dès que la moindre colonne de fourmis coupeuses de feuilles est signalée, un branle-bas de combat est donné, l'armée entière

(1) Si la mère a été tuée dans une loge, par exemple par des Ichneumons, le tissu de cicatrisation prolifère beaucoup et une sorte de masse bourgeonnante, rappelant un Chou-fleur, s'observe dans la loge. De sorte que, de la constitution du bouchon d'entrée, on peut déduire si l'animal qui occupe la loge est vivant ou mort.

des *Azteca* sort de ses demeures et les *Atta* sont repoussés. Aussi l'arbre n'est-il presque jamais envahi ; Fritz Müller a

FIG. 124 à 130. — 1. Port d'un *Cecropia* ; 2. *Acacia sphærocephala* dont les aiguillons présentent des orifices par lesquels pénètrent les fourmis ; 3, organes de Müller, au milieu de poils ; 4, organes semblables de l'*Acacia* au sommet des folioles ; 5, tige de *Cecropia* avec l'orifice d'entrée des fourmis ; 6 et 7, sections de la tige creuse de *Cecropia* montrant les loges des fourmis (d'après M. Schimper).

observé cependant, une seule fois, une invasion d'un arbre protége par des *Azteca;* ce cas était intéressant, car c'était grâce à un arbre voisin que les coupeuses de feuilles avaient

pu arriver à la région supérieure du *Cecropia* sans passer par sa tige : elles avaient ainsi dû passer inaperçues de leurs redoutables adversaires.

Il arrive cependant quelquefois que les *Cecropia* sont envahis par les coupeuses de feuilles. Fritz Müller l'a constaté une fois et M. Schimper a observé une douzaine de cas analogues ; dans ces conditions, la plante ne tarde pas à être saccagée.

Les résultats que nous venons de décrire s'appliquent aux *Cecropia peltata* et *adenopus* ; il y a cependant une troisième espèce de ce genre observée par M. Schimper sur le Corcovado qui se comporte tout autrement. Sur cette plante, on ne trouve ni *Azteca*, ni *Atta* : il n'y a pas de coupeuses de feuilles, aussi les fourmis protectrices font-elles défaut. Dans ce cas, la surface de la tige est tellement enduite d'une couche épaisse de cire que l'arrivée des fourmis se trouve, par cela même, absolument empêchée.

On conçoit, pour les deux premières espèces, que la présence des insectes qui prennent leur défense ait la plus grande importance. On imaginera par conséquent aisément que tout arbre offrant un caractère nouveau utile aux fourmis présentera, vis-à-vis des individus du voisinage de la même espèce, des avantages marqués dans la lutte pour la vie ; sa descendance aura plus de chances de survivre, car il sera seul habité par des *Azteca*, ses congénères étant voués à la destruction par des coupeuses de feuilles.

A priori, il peut sembler étrange qu'un arbre cherche à se perfectionner pour plaire à un insecte et l'histoire des plantes *myrmécophiles* qui se seraient métamorphosées de manières variées pour rendre des services à ces animaux a provoqué l'incrédulité. M. Treub et M. Gœbel ont fait justice de certaines exagérations, ils ont montré que les espèces étranges que l'on appelle *Hydnotria* ou *Myrmecodia* — dont la tige renflée tuberculeuse est creusée de galeries labyrinthiformes — produisent ces canaux sinueux, même quand les fourmis n'y élisent pas domicile. Ces plantes ont besoin de ces tiges renflées pour une autre raison, ce sont des épiphytes qui ont à redouter la sécheresse, et, grâce à ces chambres internes remplies d'air humide, elles peuvent affronter sans danger de longues périodes de dessiccation. Il se trouve que

des fourmis, qui sont des animaux très intelligents, ont su se rendre compte que ces vastes labyrinthes feraient pour elles d'admirables demeures, c'est pour cela seulement que ces insectes y installent régulièrement leur nid.

Il ne semble pas cependant que le cas examiné par M. Schimper soit de même ordre que les précédents. Certes la lacune médullaire qui se trouve au centre de chaque nœud de la tige des *Cecropia* n'a pas été créée pour servir de nid à des fourmis ; mais il y a cependant deux caractères très singuliers de ces plantes qui paraissent avoir grandement contribué à faciliter l'invasion de ces insectes, animaux rendant aux végétaux qui leur fournissent un asile, des services que personne ne pourra nier.

On remarque d'abord sur le milieu de chaque entre-nœud une dépression qui n'est obturée que par un diaphragme très mince ; c'est le point que perfore la mère pondeuse pour pénétrer dans la cavité qui lui servira de nid. Ce choix est parfaitement justifié, car le cercle des faisceaux de la tige est interrompu en cette région et le collenchyme y est remplacé par du parenchyme beaucoup plus mou ; le diaphragme est donc dépourvu de tous les tissus qui rendraient le forage difficile. M. Schimper s'est demandé quelle était l'origine de cette dépression. Il est certain que la pression du bourgeon axillaire contribue primitivement à faire naître cet enfoncement, mais cette action est de courte durée. On s'en rend compte par les considérations suivantes : à cause de l'accroissement intercalaire, la dépression arrondie primitive se transforme en une rigole, mais bientôt cette rigole disparaît ; cependant l'enfoncement primitif continue à s'accroître, et on ne s'explique pas quelle en est la cause. Aussi M. Schimper a-t-il qualifié le caractère précédent « d'énigme morphologique ». Cette énigme disparaît cependant si l'on tient compte de l'intervention des fourmis, et l'on conçoit par des considérations très simples et naturelles que les arbres où la dépression précédente, originairement causée par le bourgeon, était plus large prêtaient plus flanc à l'invasion par les fourmis ; ils avaient donc plus de chances de survie. Ce caractère, en apparence infime, sans signification pour la plante, en prend une très grande pour l'insecte.

Nous avons cru devoir un peu insister sur ce point, car il

nous fait entrevoir une des origines multiples des caractères des êtres dont nous ne comprenons pas la signification. On objecte souvent à la théorie de l'évolution que toutes les particularités de l'organisation des plantes et des animaux devraient être explicables par des adaptations ; or il y a une infinité de caractères morphologiques ou anatomiques dont nous ne concevons pas l'explication. Le cas précédent nous paraît très propre à lever cette objection. Imaginons que, dans le cours de son histoire, le *Cecropia* trouve le moyen de se protéger par un autre procédé contre les coupeuses de feuilles — parce qu'une variété se mettra à produire des huiles éthérées, par exemple, — les *Azteca* disparaîtront, mais la dépression héréditaire de chaque entre-nœud, l'énigme morphologique, n'en subsistera pas moins. N'est-ce pas ainsi d'ailleurs que s'explique la présence de tous les organes rudimentaires ?

Certes, nous reconnaissons que la théorie donnée par M. Schimper de l'énigme précédente est hypothétique, mais elle présente à nos yeux une immense supériorité sur un autre mode d'exposition des caractères des végétaux qui consisterait à les décrire sans essayer de les expliquer. D'ailleurs la conception de ce savant s'appuie sur une observation très intéressante : les dépressions que nous venons de mentionner s'observent sur le *Cecropia adenopus* et *peltata*, qui ont des fourmis protectrices ; elles manquent, au contraire, sur le *Cecropia* du Corcovado, qui, grâce à son écorce circuse, n'a pas de protecteurs parce qu'il manque d'ennemis (1).

Le second caractère des *Cecropia*, qui semble s'être progressivement différencié dans le cours des siècles afin d'attirer de plus en plus sûrement les fourmis, est celui qui est tiré de la présence des corpuscules de Müller décrits plus haut. On n'est pas habitué à voir une plante fabriquer des réserves protéiques dont elle ne se sert pas, c'est ce qui a lieu cependant pour les corpuscules précédents, car ce sont des organes sacrifiés. Mais, s'ils sont perdus en apparence pour l'arbre, comme ils sont indispensables à l'insecte, en fait, le végétal tire un bénéfice incontestable de la formation de ces petits organes nourriciers.

1) Dans ce cas, l'anneau des faisceaux est complet, sans interruption.

Évidemment l'idée qu'une plante s'est modifiée pour créer une nourriture à une fourmi semble, à priori, inadmissible ; mais il se peut que les corpuscules de Müller dérivent d'organes plus rudimentaires, qui avaient autrefois une fonction pour la feuille ; ultérieurement la sélection a pu s'opérer surtout de façon à favoriser leur accroissement et aussi de manière à les rendre alimentaires pour les insectes (1).

Deux remarques importantes semblent indiquer que l'hypothèse que nous venons de mentionner n'est pas le produit d'une imagination par trop créatrice. D'une part, chez le *Cecropia* du Corcovado qui n'a pas d'*Azteca*, il n'y a pas de corpuscule ; d'autre part, des corpuscules très analogues aux précédents ont été découverts par M. Belt à l'extrémité des folioles de l'*Acacia sphærocephala*, plante qui, comme les *Cecropia*, est protégée contre l'invasion des coupeuses de feuilles par la présence de fourmis qui élisent domicile dans les cavités dont sont creusées ses stipules épineuses (*fig.* 125 et 127, p. 233).

Les deux arguments que nous fournit ainsi l'anatomie comparée ne manqueront pas de frapper ceux qui savent combien cette méthode donne souvent des renseignements exacts et suggestifs (2).

Nous ne dissimulerons pas, en terminant cette étude, que des considérations telles que celles que nous venons d'exposer ne doivent être employées qu'avec la plus grande prudence. Beaucoup d'auteurs ont imaginé, souvent sans arguments sérieux, des liens entre les animaux et les plantes ; l'hypothèse de MM. Belt, Beccarini, Delpino, etc., d'après laquelle les nectaires extra-nuptiaux constituent un appât qui aurait été surtout créé pour attirer les fourmis ne paraît pas avoir de fondement admissible. Certains auteurs ont prétendu que c'était afin de détourner l'attention de ces animaux des nectaires de

(1) Dans le cas du Figuier, il y a des races qui sont différenciées afin de fournir une nourriture aux diverses générations successives du *Blastophaga* (voir la page 64).

(2) Il semble bien que les indigènes du Brésil aient compris que les *Cecropia* étaient des plantes très étranges. Ils s'en servaient pour obtenir du feu, par le même procédé d'ailleurs (des aranis) qu'employaient les Indiens et tous les peuples primitifs (Kuhn), en faisant tourner un bâton dans le trou d'un autre morceau de bois (Baillon). Etant donné le caractère sacré attribué au feu, il n'est pas invraisemblable d'admettre que la plante précédente ait été adorée au Brésil.

la fleur que les organes foliaires analogues avaient été différenciés. M. Prunet a fait justice de cette conception, car, au moins pour le *Tecoma*, les procédés décrits par Delpino pour protéger les sucs de la fleur ne sont nullement efficaces.

Il y aurait lieu cependant d'étudier d'une manière attentive un certain nombre de faits intéressants de géographie botanique qui s'expliqueront peut-être grâce à l'intervention de certains insectes. L'étude de la flore des îles est très instructive à cet égard, car les animaux qui y croissent sont souvent aussi spéciaux que les plantes qui y vivent, c'est un fait sur lequel M. Wallace a déjà insisté. La pauvreté de Tahiti en insectes fait entrevoir pourquoi dans cet archipel il y a surtout des Fougères ; les insectes intervenant, en effet, d'une manière prépondérante pour permettre la fécondation des plantes à fleurs, s'ils viennent à manquer, les Phanérogames doivent être nécessairement en petit nombre. Il y aurait à rechercher également pourquoi dans l'archipel des Galapagos les fleurs ont une petite taille et sont de couleur verte.

Les insectes ne sont pas les seuls animaux qui contribuent à la fécondation des plantes, dans la flore américaine des tropiques les jolis petits oiseaux que l'on appelle des colibris voltigent en bourdonnant au voisinage des fleurs pour y puiser le jus sucré qui s'y trouve, et pour se nourrir aussi des insectes qui y affluent ; en visitant ainsi les corolles, ils contribuent à porter le pollen d'une plante sur les stigmates des fleurs voisines ; aussi ces élégants oiseaux-mouches jouent-ils un rôle important qui ne doit pas être négligé quand on veut comprendre la végétation de certaines régions. Les différences qui existent notamment entre les îles Juan-Fernandez et les îles de l'Océanie, comparables comme climat, seraient, d'après M. Schimper, en grande partie attribuables à l'intervention de ces charmants animaux.

SIXIÈME PARTIE

L'INFLUENCE DE LA MER

CHAPITRE XX

LA MANGROVE

Dans toutes les parties qui précèdent, nous nous sommes occupés surtout de la forêt continentale. Il nous reste maintenant à examiner quels caractères spéciaux elle prend lorsqu'elle s'avance jusqu'au bord de la mer.

La végétation des côtes, soit des îles, soit des continents, dans les régions équatoriales, mérite une étude attentive : la flore singulière qu'on y observe a été l'objet des recherches approfondies de MM. Treub, Gœbel, Karsten et surtout de M. Schimper, ainsi que d'un certain nombre d'autres observateurs dont les travaux ont mis en lumière un très grand nombre de faits du plus haut intérêt.

Parmi les plantes qui s'avancent le plus loin dans les eaux de l'Océan, on doit surtout citer un certain nombre de représentants de la curieuse famille des Rhizophoracées (1), qui offrent des adaptations remarquables permettant aux espèces principales qui la composent de vivre dans des conditions très spéciales peu propres, semble-t-il, à priori, au développement d'aucune végétation.

Une première condition que doivent remplir les plantes destinées à croître à moitié immergées dans l'eau de mer est

(1) Voisine des Saxifragacées et des Lythracées. Parmi les genres les plus curieux, on peut citer les suivants : *Rhizophora*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Bruguiera*, etc.

de résister à l'assaut furieux que leur donnent presque constamment les vagues, surtout à marée haute. Les *Rhizophora*, qui forment l'avant-garde de la Mangrove (1), doivent présenter une organisation très particulière qui leur permette de subsister en des points où aucune autre espèce ne peut s'installer. Elles ont d'abord l'aspect d'une énorme araignée dont le corps serait constitué par la tige, les branches et les feuilles et dont les pattes, très grêles mais très nombreuses, partiraient de ce corps comme des arceaux pour s'enfoncer à leur base dans la vase. Grâce à cette disposition, le végétal est fixé par une multitude de câbles longs et flexibles, qui le lient au sol comme s'il était attaché par un très grand nombre d'ancres. Cette structure n'est évidemment pas primitive, car au début de la germination il y a une tige comme chez toutes les plantes terrestres normales ; mais, par suite de l'humidité, des racines latérales arquées ne tardent pas à se former en grand nombre dans cette plante, et, la base de cette tige se détruisant bientôt, le *Rhizophora* reste suspendu comme sur des échasses (*fig.* 131, 1). Ces échasses, d'ailleurs très flexibles, sont susceptibles de se plier et de se déplacer dans tous les sens sous l'influence du flux et du reflux. Le cas du *Pandanus*, que nous avons étudié précédemment (2), nous fait très bien entrevoir comment la grande humidité provoque l'apparition de nombreuses racines adventives ; l'action mécanique de la mer nous fait saisir, en outre, comment cette disposition a dû se modifier peu à peu : la tige centrale devenant de moins en moins importante comme pivot de sustentation, elle a dû finir par se détruire pendant que les arceaux se multipliaient.

L'organisation microscopique des racines est en rapport avec le rôle que doivent remplir ces organes ; les cellules corticales sont pourvues de bandes d'épaississement radiairement disposées qui constituent un solide appareil pour lutter contre les pressions latérales. Leur mode de résistance se manifeste d'ailleurs avec netteté quand on comprime ces racines-échasses, elles cèdent sous la pression qu'on exerce contre elles ; mais, dès que la force comprimante est supprimée, elles reprennent leur forme. Des trichoblastes fortement épaissis en forme d'H

(1) *Mangro*, nom primitif vulgaire du *Rhizophora Mangle* à Surinam ; l'expression de Mangrove a été étendue à toute la flore des palétuviers.
(2) Page 35.

se développent dans les espaces intercellulaires et contribuent, en même temps, à donner une résistance tout à fait remar-

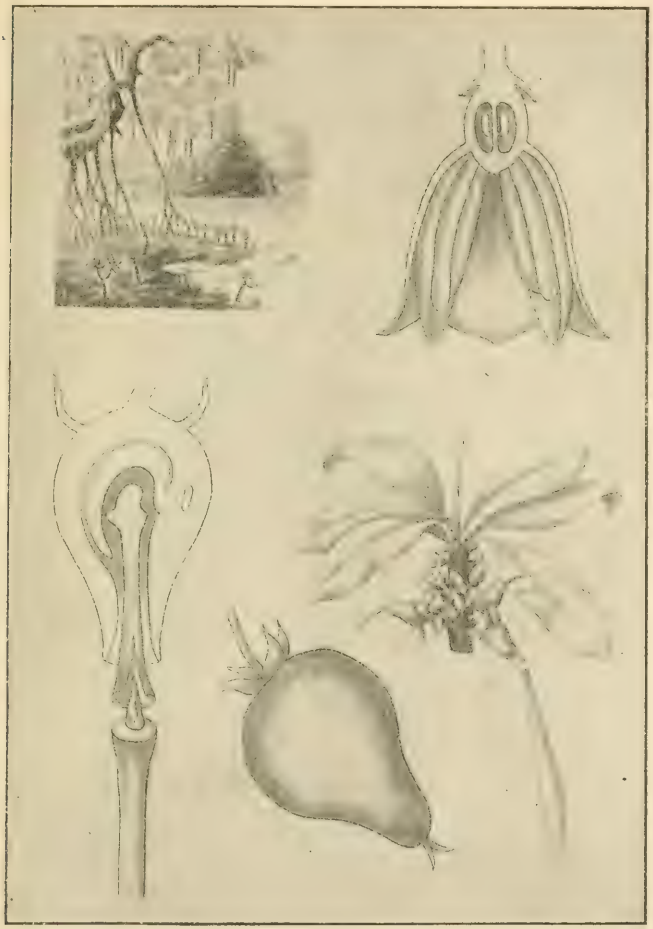


Fig. 131 à 135. — *Rhizophora*. 1. Port de la plante avec ses racines en échasse et ses fruits pendants dont quelques-uns sont tombés et germent de suite. 2. Section de la fleur. 3. Insertion du fruit dans la fleur. 4-5. Pousse florifère et foliifère avec un fruit vivipare.

quable à ces organes qui peuvent ainsi présenter, à la fois, la flexibilité et la consistance leur permettant de subir les chocs de la mer et d'y résister.

Grâce à la constitution que nous venons de décrire, les *Rhizophora* sont donc pourvus de moyens de protection contre les forces mécaniques qui s'exercent contre eux. Mais ces agents modificateurs de la structure ne sont pas les seuls avec lesquels la plante ait à compter. Il faut encore que le végétal s'accommode à la vase et au liquide dans lesquels il vit ; la vase est privée d'air et le milieu aquatique est d'une nature bien spéciale, car l'eau de mer contient en dissolution des quantités très notables de sel marin et d'autres substances salines.

Quand la plantule d'un *Rhizophora* tombe sur le sol vaseux battu par l'eau, elle y croît d'ordinaire rapidement et ne tarde pas à donner sur la partie caulinaire des racines adventives qui ne se fixent que par leur base. La tige mère se détruit bientôt à sa partie inférieure parce que les racines qu'elle porte sous terre ne peuvent contribuer à sa nutrition gazeuse ; les racines en arceau, qui sont constamment au contact de l'eau aérée ou de l'air, peuvent, au contraire, se maintenir au moins pendant un certain temps, parce qu'elles renouvellent aisément leur provision de gaz.

La tige principale, dans d'autres espèces qui vivent au bord de la mer, est cependant assez souvent persistante, c'est que la plante a trouvé un autre moyen de nourrir ses racines d'oxygène ; elle y parvient par divers procédés qui peuvent se retrouver avec des caractères identiques pour des végétaux appartenant à des groupes très différents.

Chez certaines espèces, il peut se produire ce que l'on appelle des « racines asperges » qui sortent de la vase et se dirigent verticalement de bas en haut : une pareille disposition s'observe pour l'*Avicennia* (Verbénacée), pour le *Laguncularia* (Rhizophoracée) et pour le *Sonneratia* (Lythracée).

Dans d'autres cas, la racine n'émerge que partiellement du sol bourbeux où elle plonge ; elle produit une sorte de coude ou de genou faisant saillie hors de terre, puis la pointe rentre dans la vase. Cette organisation si remarquable a été signalée pour le *Bruguiera* (Rhizophoracée) et le *Lumnitzera* (Combrétacée).

Enfin, il peut arriver que de simples arêtes fassent seulement saillie hors de la bourbe, c'est ce qui arrive notamment pour le *Carapa* (Méliacée).

Par une méthode ou par une autre, le même résultat final est d'ailleurs atteint, qui est de rendre possible la nutrition aérienne des régions enfoncées dans le sol.

Le milieu aqueux dans lequel plonge une partie notable de ces végétaux est de l'eau de mer chargée de sels. Il ne faut donc pas s'attendre à trouver ici une structure identique à celle des plantes aquatiques. Il y a même des particularités d'organisation que l'on peut s'étonner d'observer chez des êtres dont la base est presque complètement plongée dans l'eau. On remarque, en effet, dans les feuilles une cuticule extrêmement épaisse, des stomates avec une antichambre tout à fait analogue à celle qui a été décrite par M. Tschirch et M. Volkens chez les plantes des déserts de l'Australie ou de l'Egypte ; on y constate aussi la présence d'un tissu aquifère extrêmement développé, qui rappelle jusqu'à un certain point celui qui a été signalé chez les plantes grasses. A quoi faut-il attribuer de pareilles anomalies ? Comment se fait-il qu'une plante qui vit à moitié submergée ait quelques caractères des espèces désertiques qui sont exposées à la sécheresse la plus intense ? Les quelques savants qui plaident encore pour la non-action du milieu pourraient peut-être se croire en droit de triompher après l'examen du cas précédent : rien n'est cependant plus naturel que l'anomalie que nous venons de mentionner.

Les recherches de Sachs, de M. Burgerstein et de M. Pfeffer ont montré qu'une concentration élevée des cellules en substances salines diminue la transpiration parce que le ravitaillement d'eau devient alors très difficile. En outre, une plante qui contient des sels dans ses cellules en quantité notable doit avoir les moyens d'arrêter sa transpiration, sans quoi le sel, s'y concentrant, amènerait la mort du végétal.

D'ailleurs l'expérience et l'observation justifient pleinement l'exactitude de ce qui précède. Si l'on vient à cultiver en terre ferme, à Buitenzorg par exemple, sinon le *Rhizophora*, du moins plusieurs des plantes qui habitent la Mangrove(1), dans un sol ne contenant pas de substances salines, on voit la cuticule devenir plus mince, les stomates plus superficiels ; les cellules gélatineuses, qui constituent un caractère des plantes désertiques, disparaissent ; enfin le tissu palissadique décroît

(1) Par exemple, les *Sonneratia* ou l'*Acanthus ilicifolius*, d'après M. Schimper.

en même temps et les espaces intercellulaires deviennent plus larges. Les résultats inverses se manifestent pour des espèces de terre ferme qui poussent accidentellement dans les terrains salés de Priok, le port de Batavia : tels sont, par exemple, les *Calophyllum inophyllum*, *Clerodendron inerme*, *Scevola Königii* chez lesquels les lacunes des feuilles tendent à disparaître et dont la cuticule devient très épaisse.

Ces remarques sont en parfait accord avec celles que l'on a pu faire en étudiant les plantes qui habitent le littoral dans les régions froides (1) : les individus d'une même espèce sont à feuilles charnues au bord de la mer et à feuilles moins épaisses dans l'intérieur des terres. En soumettant d'ailleurs des plantes de l'intérieur à un fort arrosage avec de l'eau salée, M. Lesage a vu leurs feuilles devenir plus charnues et la chlorophylle moins abondante.

La vie au bord de la mer contribue donc puissamment à modifier la constitution des végétaux, elle tend à leur faire prendre des caractères que l'on observe d'ordinaire chez les plantes grasses dans les régions où l'eau est très rare. Nous avons ainsi l'occasion de signaler une de ces convergences qui ne sont pas rares dans la nature, parce qu'elles tiennent à ce que les plantes qui vivent dans des conditions très différentes ont cependant à craindre les mêmes dangers (dans le cas actuel, l'excès de transpiration) : aussi se mettent-elles à l'abri de l'action de causes destructrices semblables par des procédés identiques.

Plusieurs observations confirment la précédente manière de voir. Les plantes du littoral se protègent fréquemment contre la transpiration par la carnosité de leurs tissus, mais elles peuvent arriver au même résultat en se couvrant de poils. Il n'est pas rare d'ailleurs d'observer au bord de la mer, dans nos pays, des plantes présentant un épais duvet cotonneux blanc, formé par une multitude de filaments remplis d'air qui constituent un obstacle très sérieux à la transpiration (ex. : certaines Papilionacées). Une pareille méthode de protection se trouve aussi appliquée par les plantes de la Mangrove, notamment dans le cas des *Avicennia*.

(1) Pour le *Lotus corniculatus* par exemple. Voir les recherches de M. Lesage sur cette question.

Les ressemblances de la flore xérophyte et de la flore halophyte (1) sont donc très manifestes, et on conçoit que les plantes désertiques puissent s'installer souvent au bord de la mer et y réussir parfaitement, c'est ce qui arrive en particulier pour les *Opuntia*, les Agave, etc.

Depuis longtemps, on a signalé de même certains traits communs entre les végétaux qui nous occupent et les plantes des montagnes. Quand la belle saison arrive sur les hauteurs, le soleil a une action toute-puissante et les végétaux qui s'installent sur les sommets doivent avoir des moyens aussi nombreux que variés pour se protéger contre les pertes exagérées de vapeur d'eau. M. Warming a signalé depuis longtemps ces caractères pour la végétation du Groenland ; M. Kerner von Marilaun a mis des faits de même ordre en évidence pour un grand nombre de plantes montagnardes.

Aussi ne devons-nous en aucune façon être surpris de constater avec quelle facilité, dans certains cas, les plantes des hauteurs s'acclimatent au voisinage de l'Océan. M. Battandier a mentionné le fait pour les végétaux algériens : le *Cerinthe gymnandra* est localisé dans notre colonie sur les côtes et sur les montagnes. Le *Plantago coronopus* et le *Polycarpon tetraphyllum* présentent les mêmes variétés sur le bord de la Méditerranée et sur les hauts plateaux. Le *Leucanthemum glabrum*, qui a des feuilles épaisses sur le bord de la mer et sur les hauteurs, présente, au contraire, des feuilles minces si on le cultive en dehors de ces deux régions. Boissier a fait une remarque analogue pour le *Lotus corniculatus* qui, sur la Sierra Nevada, à 3,000 mètres d'altitude, a des feuilles grasses comme auprès de l'eau salée.

Les mêmes remarques s'appliquent d'ailleurs au second moyen de protection contre la transpiration. Des plantes qui sont poilues sur le littoral et sur les montagnes deviennent presque tout à fait glabres quand on les rencontre en d'autres stations (par exemple : *Buphthalmum maritimum*, *Bellis atlantica*, *Allium Chamæmoly*, *Cerastium Boissieri*).

M. Schimper a pu faire des rapprochements identiques, en Malaisie, entre la flore des hauteurs et celle du bord de l'Océan :

(1) Des régions désertiques et des contrées salées.

le *Dodonea viscosa* présente à Java, dans ces deux régions, une même forme à grosses fleurs.

Ce botaniste a signalé également le cas du *Ficus diversifolia* qui peut être ou halophyte ou épiphyte. Nous avons vu quels sont les caractères des plantes épiphytes et quels dangers elles ont à redouter. Ayant à craindre depuis un nombre incalculable de générations l'excès de transpiration, nous ne devons donc pas nous étonner de constater que ces espèces puissent quelquefois abandonner leurs stations aériennes pour s'installer au bord de la mer.

La remarque précédente entraîne une autre conclusion. Si toutes les plantes qui constituent la Mangrove ont à redouter la perte d'eau, il y a tout lieu de penser que la végétation épiphyte de cette région ne sera que faible. Si, en effet, une plante épiphyte s'installe, par hasard, sur l'écorce des branches des arbres de la forêt maritime, elle a non seulement à lutter contre la pauvreté du substratum en liquide, mais aussi contre l'air chargé de matières salines qui l'entoure ; elle ne pourra donc pas, en général, subsister dans de pareilles conditions de vie. La végétation épiphyte ne se rencontrera donc que rarement au bord de la mer ; on ne l'observera que sur les falaises, en quelques points protégés contre le vent (1) ou abrités contre le soleil.

Les conditions d'existence au bord de la mer sont donc très spéciales, elles amènent l'élimination d'un très grand nombre d'êtres ; par contre, elles ont dû produire rapidement chez ceux qui s'y sont installés des modifications profondes et analogues ; aussi devons-nous nous attendre à y retrouver des transformations semblables chez les êtres les plus éloignés.

En dehors des particularités se rapportant à la fixation et à la transpiration que nous venons d'étudier chez les plantes précédentes, nous avons lieu d'examiner chez plusieurs espèces de la Mangrove un caractère très frappant, celui de la viviparité. Ce phénomène s'observe chez des types très éloignés comme les *Rhizophora*, les *Ceriops*, les *Kandelia* et les *Bru-*

(1) Les Mousses et les Lichens manquent complètement, ainsi que les Orchidées. On trouve cependant quelquefois des Asclépiadées comme les *Dischidia* qui, grâce à leurs urnes, peuvent recueillir l'eau du ciel. M. Schimper fait, à ce propos, remarquer qu'autour des solfatares qui s'observent sur les montagnes de Java les épiphytes manquent également, tandis qu'ils abondent dans les forêts voisines.

guiera (qui sont des Rhizophoracées), l'*Avicennia* (qui est une Verbénacée) et l'*Egiceras* (qui est une Myrsinée) (1).

L'humidité a pu être à l'origine la cause de l'apparition de ce caractère de la viviparité, qui est devenu depuis héréditaire. On sait, en effet, que le Blé peut germer sur la plante mère quand l'année est très humide ; M. Wigman a observé un fait semblable pour le Camphrier (*Dryobalanops camphora*) après une longue période de pluie. Les végétaux qui constituent la Mangrove, vivant normalement dans un air toujours très chargé de vapeur d'eau, peuvent ne pas présenter d'arrêt dans le développement de l'embryon et cette propriété, qui est évidemment sous la dépendance du milieu, a pu devenir caractéristique et par cela même héréditaire. On ne peut pas fournir d'argument plus clair établissant que les caractères acquis sous l'influence des agents extérieurs peuvent se fixer et se transmettre à la descendance.

L'embryon qui croît dans ces conditions sur la plante a besoin d'être très fortement nourri, car il est susceptible d'acquérir, dans certains cas, des dimensions véritablement remarquables ; celui du *Rhizophora Mangle* atteint un mètre de long quand il se détache, par suite de son poids, de la plante mère. Pour qu'un pareil résultat puisse être obtenu, il faut nécessairement que, grâce à des procédés entièrement nouveaux, la jeune plantule puisse acquérir une taille aussi inusitée. Chez le *Rhizophora*, il se forme un appareil pour digérer l'albumen, et l'on voit bientôt apparaître à la surface des cotylédons des papilles qui pénètrent dans les tissus périphériques pour en extraire les sucs nourriciers ; dans le *Bruguiera*, le suçoir est analogue, mais il se trouve en dehors de l'épiderme du cotylédon.

Mais c'est surtout dans le *Avicennia* que l'appareil de succion acquiert un énorme développement et se différencie d'une manière remarquable. Il fait son apparition presque en même temps que l'embryon *fig.* 136 à 139, p. 248 ; un des éléments du sac embryonnaire, au lieu de donner une cellule d'albumen,

(1) Miquel aurait observé le même phénomène pour le *Carapa* (Méliacée); Martius avait fait une constatation analogue pour le *Conocarpus erectus* et le *Laguncularia ramosa*, mais M. Schenck n'a pas confirmé ces résultats, il a observé seulement que les *Laguncularia* sont quelquefois vivipares, mais accidentellement.

s'accroît en un grand article ou cellule cotyloïde (*c*) (1) qui grandit, se ramifie dans l'albumen (*fig.* 136 à 138, *a*), puis dans l'ovule (*fig.* 138 et 139, *o*), enfin dans le placenta (*p*) allant chercher au loin les éléments nourriciers qui doivent permettre à l'embryon de s'accroître.

Ces diverses modifications très instructives, qui ont été établies par les recherches de MM. Treub, Haberlandt et Karsten, ne laissent plus planer aucun doute sur l'action profonde que les conditions de vie exercent sur la constitution des parties les plus cachées de la fleur et du fruit.

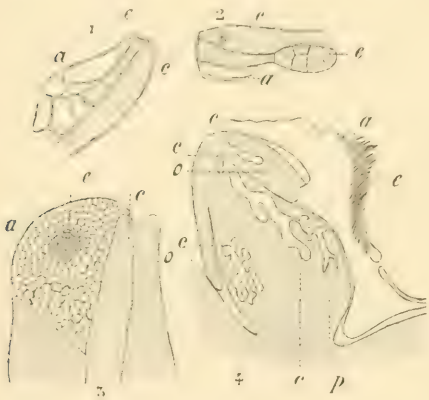


Fig. 136 à 139. — *Avicennia* : 1, 2. Début du développement de l'œuf : *e*, embryon ; *c*, article ou cellule cotyloïde ; *a*, albumen : 3. Stade plus avancé du développement, l'embryon *e* et son albumen *a* apparaissent hors de l'ovule *o* ; *c*, article ou cellule cotyloïde. 4. L'embryon *e* a perforé l'albumen *a* ; l'ensemble est encore réuni à l'ovule *o*, fixé lui-même au sommet du placenta *p*, dans lequel on aperçoit la cellule cotyloïde ramifiée, *c* (d'après M. Treub).

La germination de l'embryon sur l'arbre entraîne une conséquence très importante : elle permet, en effet, aux végétaux de la Mangrove comme les *Rhizophora* de se fixer immédiatement dans la vase. Quand ils tombent verticalement dans l'eau, à cause de leur poids, ils peuvent s'enfoncer assez avant dans le sol mou pour n'avoir plus à craindre d'être renversés par les vagues. Les racines latérales, qui se développent d'ailleurs avec une extrême rapidité, contribuent à assurer à tout le système une fermeté très grande. Il y a certes un grand nombre de jeunes plantules qui sont renversées et balayées par les flots, on les re-

(1) On désigne sous le nom d'article un élément cellulaire ayant de nombreux noyaux sans cloisons. C'est ce que M. Treub appelle la cellule cotyloïde dans le cas actuel.

trouve souvent entraînées loin de la côte, mais quelques individus se maintiennent et ceux qui s'avancent le plus loin dans la mer sont nécessairement ceux qui ont les embryons les plus longs. La forme en massue de l'embryon contribue d'ailleurs à lui permettre de tomber bien verticalement. Dans le cas des *Avicennia*, l'axe hypocotylé possède des poils dirigés vers le haut qui contribuent également à consolider la plantule dans le sol où elle s'enfonce en tombant.

Il arrive cependant, pour un certain nombre de plantes de la Mangrove, que les phénomènes précédents ne se produisent pas et que les graines ne germent pas sur la plante mère ; au bout d'un certain temps, les fruits ou les graines arrivent à maturité et ils ne tardent pas à tomber. S'ils se détachent à marée haute, ils sont immédiatement ballottés par les vagues ; s'ils se séparent à mer basse, ils sont également enlevés quand le flot remonte, car la germination n'a pas le temps de se produire entre deux marées. Les plantes dont nous venons de parler sont donc, semble-t-il, destinées à une fin prématurée si elles n'ont pas quelques propriétés leur permettant de résister à l'action nuisible de l'eau de mer.

Il y a longtemps déjà que Darwin a étudié quelle était l'action de ce liquide sur les graines. Il s'est ainsi convaincu que diverses espèces offrent des résistances très inégales à cet agent destructeur : quelques-unes surnagent pendant un petit nombre de jours, mais ne tardent pas à sombrer au fond de l'eau pour y mourir ; d'autres, au contraire, flottent pendant deux ou trois mois à la surface de la mer et sont susceptibles de germer au bout de ce temps. M. Guppy a étudié particulièrement les graines ou les fruits des plantes de la Mangrove à ce point de vue. Il a semé, après un séjour de 40 à 50 jours dans l'eau, les graines ou fruits des plantes suivantes : *Cordia subcordata*, *Hernandia peltata*, *Scevola Koenigii*, *Morindia citrifolia*, *Tournefortia argentea*, etc., et il a obtenu des germinations avec toutes. Il résulte donc de cette expérience que diverses espèces de la flore des palétuviers jouissent de la propriété remarquable de résister à l'action de l'eau salée, donc on doit les placer dans la deuxième catégorie de Darwin.

Si l'on examine d'ailleurs la constitution d'un grand nombre de graines ou de fruits de plantes du littoral, on comprend très bien pourquoi ces organes possèdent une si grande résis-

tance vis-à-vis de l'eau salée. Ils ont une enveloppe dure et résistante qui est rendue légère par des cavités à air qui peuvent exister dans les parois internes des téguments ou du péricarpe. On observe trois types de ces fruits ou graines : les uns sont pourvus intérieurement d'une grande cavité à air (*Cæsalpina Bonducella*, *Mucuna*), les autres ont soit un noyau spongieux (*Erythrina*), soit de grandes lacunes dans les parois de l'enveloppe (*Coccos nucifera*, *Barringtonia*, *Lumnitzera*, *Cycas*, *Calophyllum*, etc.).

Si dans un genre on vient à comparer les fruits ou graines des espèces de terre ferme et du bord de la mer, on est frappé des résultats qui découlent de cette comparaison.

Dans le genre *Terminalia*, par exemple, le *Terminalia Katappa* a des flotteurs très développés, aussi ses fruits peuvent-ils surnager 126 jours dans l'eau de mer, tandis que les fruits du *T. modesta* s'enfoncent le 13e jour, et ceux du *T. Arjuna* sont détruits le 3e. Or, ces deux dernières espèces sont bien nettement terrestres, et les ailes qui ornent leurs fruits (4 ailes dans le *T. Arjuna*, 2 ailes dans le *T. modesta*) donnent pleinement prise au vent qui les emporte en pleine terre. Les fruits du *Terminalia Katappa* du littoral sont, au contraire, lisses, ils sont donc tout à fait propres à flotter sur l'eau.

L'observation confirme d'ailleurs les résultats que nous fournissent les expériences d'immersion.

On a remarqué depuis longtemps qu'un certain nombre de fruits et de graines peuvent être emportés par la mer et les courants qui y règnent à des distances énormes des côtes. Linné et d'autres observateurs ont mentionné la présence de fruits et de graines tropicales, appartenant au *Cassia fistula*, au *Pusætha scandens*, au *Coccos nucifera*, sur les côtes de Norwège.

M. Treub a eu d'ailleurs l'occasion de vérifier le rôle manifeste que jouent les courants marins dans la diffusion des plantes de la Mangrove. A la suite de l'éruption du Krakatoa, qui eut lieu le 28 août 1883, l'île fut complètement ravagée et il ne resta plus de végétation à sa surface. Quand le savant hollandais visita cette terre, en 1886, il constata qu'un certain nombre de plantes de la Mangrove y avaient germé sur la côte, car il récolta le *Scevola Kœnigii*, l'*Ipomœa pes capræ*, etc. : il ramassa, en outre, sur le rivage

des graines de *Coccos nucifera*, de *Terminalia Katappa*, de *Barringtonia speciosa*, de *Calophyllum inophyllum*, d'*Heritiera littoralis* qui avaient été évidemment apportées par le flot.

Si l'on se reporte aux expériences de Darwin, on note que 80 espèces ont flotté au-dessus de l'eau plus d'un mois et que plusieurs ont résisté trois mois. Si la vitesse des courants varie entre 50 à 100 kilomètres par jour, on voit que certaines espèces peuvent être transportées accidentellement à 90 × 100 = 9.000 kilomètres sans périr. Or les îles les plus éloignées des continents comme Sainte-Hélène ou les Sandwich se trouvent à 1.600 ou 5.000 kilomètres d'une terre continentale.

On conçoit, d'après cela, que la flore des palétuviers se retrouve partout dans les régions équatoriales avec une uniformité tout à fait remarquable. On constate, en effet, que sur 337 espèces typiques de cette flore il y en a 97 qui sont étendues sur tout son domaine, qui ont par conséquent une aire énorme. Parmi elles on peut citer :

Rhizophora mucronata.	Avicennia officinalis.
Bruguiera gymnorhiza.	Coccos nucifera.
Lumnitzera racemosa.	Barringtonia speciosa.
Lumnitzera cocinea.	» »

Si nous examinons notamment le *Coccos nucifera*, nous sommes frappés de suite par ce fait que toutes les espèces de ce genre sont américaines et que seule l'espèce précédente est diffusée partout dans la zone équatoriale mais au bord de la mer. Comme nous l'avons vu plus haut, ce résultat s'explique si l'on tient compte de cette remarque que cette espèce a des fruits qui peuvent flotter sur l'eau.

La carte représentée à la page 22 (*fig.* 7) permettra d'ailleurs de se rendre compte de l'orientation des courants qui règnent dans les régions tropicales et qui contribuent à la diffusion de ces plantes du littoral tropical.

CHAPITRE XXI

LA FLORE DES ILES

Grâce à l'étude que nous venons de faire des moyens de dissémination des plantes de la Mangrove, nous savons que les courants marins peuvent largement contribuer à peupler les îles les plus éloignées des continents. Il est vrai qu'il n'a été question, dans le chapitre précédent, que de la flore du littoral, c'est-à-dire de cette végétation qui est adaptée à la vie au bord de la mer. Il nous reste à comprendre comment les espèces terrestres que nous trouvons dans tous les îlots perdus au milieu de l'Océan, souvent à plusieurs centaines de lieues des continents, ont pu y arriver et s'y maintenir ; il nous faut surtout expliquer la présence des espèces endémiques dont la découverte excite tant de surprise, étant donné qu'elles n'existent nulle part ailleurs à la surface du globe.

Lorsque la théorie de l'évolution était considérée comme une hypothèse sans fondement, le problème précédent ne se posait même pas. Les plantes spéciales qui existaient dans les îles les plus lointaines s'y trouvaient parce qu'elles avaient été créées sur place. Mais, maintenant que la doctrine évolutionniste est admise par la grande majorité des naturalistes, la question que nous venons d'énoncer se présente sous des aspects très nouveaux, et les solutions qui en ont été données par quelques savants éminents comme M. Wallace ont un très grand intérêt et une haute portée scientifique.

Pour bien nous rendre compte des procédés qui ont permis le peuplement des îles dans les temps passés, nous devons examiner comment, à l'heure actuelle, des espèces nouvelles les envahissent.

Nous avons d'abord à signaler l'intervention de l'homme : par suite de l'invasion des races européennes dans toutes les régions du globe, une multitude de plantes de nos pays ont été disséminées dans les pays les plus éloignés. La grande extension des espèces d'Europe dans la Nouvelle-Zélande est tout à fait caractéristique à ce propos : le *Polygonum aviculare*, le *Rumex crispus*, le *Sonchus oleraceus*, le Cresson de fontaine ont pris un énorme développement ; aussi les Maoris, naturels de ces contrées, disent-ils mélancoliquement : « Le Rat blanc a expulsé le Rat indigène, le Trèfle fait peur à la Fougère, la Mouche d'Europe fait fuir la Mouche du pays, de même devant les Blancs disparaissent les Maoris. »

La modification de la végétation sous l'influence de l'homme dans les contrées équatoriales peut souvent avoir les plus néfastes conséquences. L'île Sainte-Hélène, par exemple, a été découverte en 1501, elle était alors couverte d'une végétation forestière très dense ; des Chèvres furent introduites en 1513, et leur nombre s'accrut avec une très grande rapidité ; aussi, dès 1700, voyait-on les forêts diminuer. Deux arbres indigènes étaient bons pour le tannage ; aussi, pour s'éviter de la peine, les exploitants arrachaient-ils l'écorce des plantes et laissaient-ils le reste pourrir sur place. Les gouverneurs anglais de l'île, avertis des inconvénients graves de ces procédés de destruction, firent la sourde oreille aux observations qui leur furent faites et l'un d'eux répondit : « Les Chèvres ne seront pas détruites, ayant plus de valeur que l'Ebène. » Mais, en suivant cette méthode, on a détruit toute la végétation, la forêt a disparu, les pluies torrentielles ont enlevé le sol végétal et le malheur est maintenant irréparable. L'île n'est plus qu'un roc dénudé et stérile où tout, même les aliments du gouverneur, doit être importé. Il ne reste plus actuellement que quelques débris de la flore qui existait en 1501.

Nous ne possédons, de même, qu'un fragment de la flore qui a orné les Mascareignes, car la culture de la Canne à sucre a amené la destruction de la forêt vierge ; trois cents espèces étrangères ont été introduites à Maurice et aux îles Seychelles, et la flore indigène est presque détruite. Comme à Sainte-Hélène, là où la forêt primitive a été supprimée, les eaux ont enlevé la terre végétale et le sol est devenu aride.

Mais, en dehors des transformations souvent profondes dues à l'action de l'homme, nous pouvons signaler des modifications dans la flore des îles sous l'influence d'autres agents, comme les oiseaux et les vents. Sur les 22 oiseaux d'origine continentale trouvés aux Açores, îles qui se trouvent à une distance de 1.500 kilomètres des grandes terres, la moitié est formée de mangeurs de fruits qui peuvent très bien contribuer à introduire des plantes nouvelles ; les autres espèces de haut vol peuvent porter des graines pourvues de crochets, de piquants attachés à leurs pattes (1) ou à leurs plumes ; les grands oiseaux de haute mer, comme les *Albatros*, les *Procelleria*, contribuent aussi à modifier la végétation des îles les plus reculées. Enfin les vents, les ouragans transportent également à d'énormes distances les semences très petites ou très légères : ceci nous fait comprendre pourquoi les Composées et surtout les Fougères forment le plus souvent une partie très notable des végétations insulaires.

Si l'on examine la flore de diverses îles, au point de vue des caractères qui facilitent l'introduction par les deux procédés susmentionnés, on peut faire des remarques qui justifient tout à fait l'intervention soit des oiseaux, soit du vent pour le transport des graines à de grandes distances.

Sur 480 espèces des Açores, 439 ont été trouvées en Europe, à Madère ou aux Canaries ; parmi ces plantes, on en distingue 45, dont les fruits ou les graines ont un appareil de vol (aigrette ou aile), 65 qui ont des semences très petites, 38 dont les fruits sont charnus, enfin 84 sont des plantes glumacées bien adaptées au transport par les vents ou les courants. Il est à noter d'ailleurs que les arbres à fruits lourds comme les Chênes, les Hêtres, les Châtaigniers, les Aunes, les Pommiers, etc., manquent complètement.

Les recherches de M. Johow sur la flore de Juan-Fernandez, qui se trouve en face du Chili à 640 kilomètres de la côte, nous apprennent que les espèces non endémiques, c'est-à-dire les plantes communes avec le continent américain, peuvent être l'objet de remarques analogues à celles faites pour les Açores.

(1) Darwin a recueilli des fragments de terre attachés à la patte d'un oiseau et il y a vu pousser un *Juncus bufonius* qui germa et fleurit. Un autre fragment contenait les graines de 82 plantes.

APPAREILS DE PROPAGATION	AGENTS DE PROPAGATION	NOMBRE des espèces autochtones, mais non endémiques.	
Akènes, aigrettes	Vent	19	
Fruits ailés.	—	2	76
Capsule à bractéoles persistantes.	—	1	
Caryopses inclus	—	11	
Drupe sèche ailée.	—	1	
Spores.	—	42	
Légumes indéhiscents.	Courants marins	1	62
Sépales formant fausse drupe. .	Oiseaux de mer	1	
Drupes, baies	Oiseaux de terre	25	
Graines petites, adhésives. . . .	Oiseaux aquatiques ou terrestres	22	
Akènes petits, adhérents.	Oiseaux aquatiques ou terrestres	12	
Akène avec appendice.	Oiseaux terrestres	1	

Comme 143 plantes rentrent dans la catégorie que nous étudions (autochtones non endémiques), il y en a donc seulement 5 dont on ignore le mode de transport.

Les faits que nous venons de signaler peuvent nous servir à expliquer le passé. Si nous examinons, par exemple, les espèces endémiques de Juan-Fernandez, c'est-à-dire celles qui n'ont été trouvées à la surface du globe que dans ces îles éloignées de toutes terres, nous voyons également par l'examen de leurs graines qu'elles ont pu autrefois être transportées dans ces îlots par des agents de propagation analogues à ceux que nous venons de mentionner plus haut. Sur 69 plantes endémiques, il y en a 61 présentant les caractères suivants :

Drupes ou baies	19	61
Fruits ou graines pourvues d'appareils de vol .	18	
Graines petites ou spores microscopiques . . .	16	
Graines ou fruits dans un périgone	8	

Or les îles de San-Juan-Fernandez sont d'origine volcanique de la base au sommet, et les éruptions qui leur ont donné naissance sont de l'époque tertiaire ou de périodes postérieures. Si nous admettons, comme dans l'hypothèse généralement reçue, que dans les époques géologiques récentes il

n'y a pas eu de création ou de génération spontanée, nous devons en conclure que la flore aussi bien que la faune dérivent de celles d'anciens continents. Les caractères que nous venons de signaler pour les fruits et les graines des espèces endémiques, c'est-à-dire spéciales à Juan-Fernandez, nous font penser que c'est par le vent ou les oiseaux que l'île a dû être autrefois peuplée de végétaux.

Ceci nous apprend donc qu'il a subsisté dans cet archipel des espèces, des genres et même des familles (1), qui existaient autrefois dans l'Amérique du Sud et qui en ont disparu. La disparition d'un grand nombre d'êtres vivants de la surface des continents est un fait bien connu, car les géologues ont découvert et découvrent chaque jour des débris de milliers d'êtres éteints qui ont autrefois peuplé le globe.

La distribution actuelle des végétaux à la surface de la terre se trouve éclairée par les remarques précédentes. On sait qu'il existe parmi les plantes vivantes des espèces qui ont une aire très vaste, d'autres qui ont une aire très restreinte; il y a lieu de penser que si les premières sont bien adaptées aux conditions de vie qu'elles rencontrent dans le monde à l'heure présente, les autres paraissent, au contraire, moins bien accommodées. Plus une plante occupe un vaste territoire, plus elle présente de variations; on pourrait être tenté de croire, si le climat n'avait pas d'action, que ces variations devraient se retrouver les mêmes partout, mais il n'en est rien : M. Hooker a remarqué, en effet, que « les variétés occupent des territoires plus resserrés que les espèces ». Les variétés n'apparaissent qu'en certains points, par suite de certaines conditions de milieu, et c'est souvent aux confins de l'aire d'une espèce que ses modifications deviennent plus accusées.

L'aire qu'occupe un végétal peut d'ailleurs être continue ou discontinue, ce dernier cas s'observe notamment quand une plante existe à la fois sur un continent et sur une île.

Dans le cours du développement de la surface terrestre, les climats ont présenté de grandes transformations, les conditions d'existence des êtres qui y ont vécu se sont donc grandement modifiées. Pendant telle période une espèce a

(1) Il n'y en a qu'une famille endémique dans le cas de Juan-Fernandez, c'est celle des Lactoridacées, voisine des Magnoliacées.

prospéré, elle a envahi des espaces immenses et rien ne paraissait devoir arrêter son extension ; mais, à un moment donné, le climat a changé, l'aire continue s'est disjointe, puis les lambeaux qui en ont subsisté se sont rétrécis, quelquefois l'espèce a disparu complètement ; dans d'autres cas, elle n'a persisté qu'en un point. Ces considérations nous font comprendre comment nous pouvons trouver aujourd'hui, dans une île comme Juan-Fernandez, des espèces d'origine américaine qui n'existent plus que sur cette terre isolée et qui ont complètement disparu du continent américain.

L'étude de la flore des îles a donc un grand intérêt, en ce sens qu'elle nous fournit souvent des matériaux précieux pour l'histoire de notre globe : elle nous fait découvrir des témoins des temps anciens, elle nous permet de ressusciter, pour ainsi dire, l'aspect des continents aux périodes les plus lointaines du passé.

On conçoit, d'après cela, qu'un naturaliste comme Darwin — qui était parti, en 1831, à bord du *Beagle*, avec la croyance à la fixité des espèces, mais qui cherchait à comprendre les faits qu'il observait, — se trouvant amené au cours de son voyage à étudier la faune et la flore d'un archipel, ait été fortement frappé par les remarques singulières qu'il faisait pendant son exploration. La date du 15 septembre 1835, jour où il arriva aux Galapagos, — groupe d'îles se trouvant dans l'océan Pacifique, à 600 milles de la côte de l'Équateur, — mérite d'être conservée dans les annales de la science, car c'est pendant son séjour dans ces petits îlots désormais célèbres que germèrent dans son esprit des idées qui ont puissamment contribué au progrès de la pensée humaine.

Il nota, comme on l'a fait depuis pour un certain nombre d'autres archipels, que les espèces endémiques des Galapagos avaient un caractère américain. Cette remarque s'appliquait, par exemple, à un gecko *Phyllodactylus galapagensis* appartenant à la famille des Iguanidées, groupe qui est exclusivement américain ; une constatation semblable était également vraie pour les *Amblyrhynchus*, Lézards dont Darwin observa deux espèces endémiques. Par quels procédés ces animaux étaient-ils parvenus dans ces îles ? C'est ce qu'il ne savait dire. Par moment il pensait qu'ils avaient « été créés au centre de l'archipel » ; d'autres fois sa pensée se reportait vers l'époque secondaire, « alors que les Lézards, les uns herbivores, les

autres carnivores, dont les dimensions ne peuvent se comparer qu'à celles de nos baleines actuelles, habitaient en quantité innombrable et la terre et la mer ». Peu à peu naissait dans son esprit l'idée que les êtres qui peuplent actuellement ces contrées avaient pu dériver d'animaux très différents. Cette opinion pouvait d'ailleurs servir à comprendre une autre série de phénomènes bien curieux se rapportant aux variations des représentants d'un même genre à l'intérieur d'un même archipel. Dans ce cas, une hypothèse paraissait s'imposer d'après laquelle diverses espèces stables dérivaient les unes des autres ou d'un type primitif qui se serait installé à l'origine dans toutes les îles et qui y aurait varié dans des directions différentes depuis l'époque de son installation.

Des variations de cet ordre, également suggestives, se retrouvent dans l'archipel de Juan-Fernandez. Il y a un parallélisme curieux entre les espèces de deux de ses îles, Masatierra et Masafuera ; on y trouve :

Masatierra	*Masafuera*
Dendroseris micrantha	Dendroseris gigantea
Wahlenbergia Berteroi	Wahlenbergia tuberosa
Eryngium bupleuroides	Eryngium sarcophyllum
Urtica glumerulæflora	Urtica Masafuerae

On est conduit à admettre que, lorsqu'une de ces espèces se différenciait dans une île par transformation d'un type primitif, la forme correspondante se caractérisait de la même manière dans le second îlot. Une telle étude fournit donc des arguments sérieux en faveur de la théorie de l'évolution, et on comprend que de pareils faits aient pu contribuer à modifier les conceptions de Darwin.

Parmi les espèces qui se rencontrent dans un groupe d'îles, il peut arriver que plusieurs d'entre elles n'aient d'affinité avec aucune des plantes qui habitent le continent le plus voisin. Dans le cas de Juan-Fernandez : à côté d'une immense majorité de formes à facies américain, on trouve quelques végétaux comme le *Santalum Fernandezianum* qui appartient à un genre qui n'a pas de représentants dans le Nouveau Monde et dont les espèces ne se rencontrent qu'en Polynésie et en Asie (1).

(1) Le *Coprosma trifoliata*, lié à des espèces de la Nouvelle-Zélande et du Pacifique, et le *Dicksonia Berteroana*, très voisin d'une autre espèce du même genre des îles Fijii.

FIG. 140 à 142. — *Dendroseris*, Composée arborescente. 1, port : 2, capitule à une plus forte échelle ; 3, fleur isolée.

Il va de soi que les espèces endémiques correspondent à une origine moins ancienne, en général, que les genres spéciaux à une île et ceux-ci sont d'ordinaire plus récents que les familles qui n'ont pas d'autres représentants sur le globe.

Cette manière de voir est le plus souvent justifiée par l'étude des genres spéciaux aux flores insulaires. Parmi les genres de Composées si remarquables qui sont les représentants non encore détruits de la flore de Sainte-Hélène, on peut citer les *Commidendron* et les *Melanodendron ;* si l'on cherche quelles sont les affinités de ces deux types génériques, on n'en découvre qu'avec les *Diplostephium* des Andes et les *Olearia* d'Australie. On entrevoit, d'après cela, quelle doit être l'antiquité d'un pareil groupe, aujourd'hui si restreint sur le globe, et qui a pu avoir autrefois une immense extension.

De pareilles parentés extrêmement éloignées et multiples se retrouvent pour diverses espèces des îles Sandwich dont l'archipel se trouve à une plus grande distance des continents que Sainte-Hélène. Cette dernière île est à 1.700 kilomètres de l'Afrique et à 2.800 kilomètres de l'Amérique ; le groupe des Sandwich est à 3.750 kilomètres de la côte américaine. Ce qui frappe d'abord, quand on étudie les résultats des recherches de M. Hildebrand sur la flore de ces dernières îles, c'est son extrême richesse comparée à la faible superficie des terres sur lesquelles on l'observe. Il y a 854 espèces à fleurs et 155 Fougères ; la Nouvelle-Zélande, qui a une aire vingt fois plus grande, ne contient que 935 Phanérogames. La grande proportion des Fougères que nous venons d'indiquer se conçoit aisément, car ce sont les végétaux les plus aptes à s'installer à des distances immenses de toute grande terre. On pourrait s'attendre à constater une richesse aussi grande en Orchidées dont les graines sont aussi d'une extrême ténuité, cependant les espèces de ce groupe sont très peu nombreuses ; ce dernier résultat tient vraisemblablement à la pauvreté de la faune entomologique. Il ne suffit pas, en effet, pour le succès des types de la famille des Orchidées, que les graines soient transportées, il faut encore que la fécondation des fleurs puisse s'opérer et la présence d'insectes nombreux et variés est nécessaire pour atteindre ce but.

Les Composées sont, après les Fougères, le groupe le plus riche en espèces et en genres endémiques : il y a 9 genres spé-

ciaux parmi lesquels on peut citer les *Lipochæta*, qui ne sont connus qu'aux Galapagos, les *Trematolobium*, alliés à des espèces de l'Amérique du Sud et de l'Australie, etc. Nous avons eu l'occasion de dire ailleurs combien la flore de ces îles est riche en plantes arborescentes. Avec les Composées arborescentes, les Lobéliacées sont les arbres prédominants dans cette région, et c'est vraisemblablement grâce aux partilarités d'organisation qui facilitent le transport des semences par le vent ou les oiseaux que ces deux familles doivent leur prépondérance : les Composées ayant des graines à aigrettes, les Lobéliacées étant ordinairement pourvues de baies.

L'étude de la flore des îles donne, comme on le voit, des renseignements intéressants sur l'antiquité des types d'un pays, sur l'aire de distribution de certains groupes dans le passé et enfin sur les mécanismes qui ont favorisé autrefois et qui facilitent encore aujourd'hui les disséminations à d'énormes distances. Mais si, justement grâce à cette puissance d'expansion, l'étude des végétaux fournit les moyens d'aborder et de résoudre diverses questions de cet ordre, elle ne permet pas de découvrir les lois qui ont pu présider à la déformation des continents aussi bien que par les recherches sur la distribution des animaux dont les migrations s'opèrent difficilement.

Dans toutes les îles que nous avons citées précédemment, qui se trouvent à des distances considérables des continents et qui sont séparées de ces derniers par des mers très profondes, variant de 1.600 à 3.200 mètres et plus, on peut penser qu'il n'y a jamais eu, à aucune époque géologique, de lien entre ces archipels et les grandes terres les moins éloignées d'elles. Une conséquence importante découle de cette remarque : les Mammifères terrestres étant incapables de traverser la mer, on ne doit trouver aucun représentant de ce groupe dans les îles que l'on peut qualifier d'océaniques (1). Quand on en observe, c'est qu'ils ont été importés récemment par l'homme, comme les Chèvres à Sainte-Hélène.

Considérons au contraire des terres comme Java, Bornéo, Sumatra et les Philippines qui sont entourées d'une mer qui n'a que 80 mètres de profondeur. Ces trois îles appartiennent ainsi à une sorte de plateau qui domine des régions où la mer

(1) Les Batraciens manquent également.

devient tout de suite beaucoup profonde et où elle atteint 4.000 mètres. On sait par l'étude de la géologie que la mer a beaucoup varié comme forme et comme extension pendant les différentes périodes des temps passés, et il est très probable que les îles précédentes ont été à une certaine époque en relation avec le continent. Un fait paraît justifier cette hypothèse, c'est la présence d'un certain nombre de Mammifères non importés qu'on y rencontre. A un certain moment, les Philippines ont dû se séparer, plus tard Java et enfin Bornéo et Sumatra, aussi y a-t-il jusqu'à 29 Mammifères à Bornéo, dont quatre particuliers. La présence de Mammifères dans une région nous conduit donc à distinguer une seconde catégorie d'îles, celles qui ont mérité le nom de continentales.

Il est un autre type de grandes terres isolées qui doivent porter un autre nom, elles peuvent être caractérisées sous le nom d'îles continents : à ce groupe peuvent se rattacher Madagascar et l'Australie. Dans ces deux grands pays, on trouve des groupes de Mammifères très spéciaux : les Lémuriens dans la première contrée et les Marsupiaux dans la seconde. Or, à l'heure actuelle, ces deux types d'animaux ne sont pas connus ailleurs à la surface de la terre, ils ont eu cependant autrefois une très grande extension. On a trouvé des Lémuriens en Europe au commencement de la période tertiaire, dans le terrain éocène, tandis que les Marsupiaux ont fait leur apparition beaucoup plus anciennement dès les temps secondaires.

Ces résultats nous apprennent donc encore qu'à des époques reculées ces deux catégories d'animaux ont eu un énorme développement ; leur aire s'est restreinte peu à peu et l'on peut dire que Madagascar est une terre qui, à l'heure actuelle, présente encore des ressemblances avec celles des temps éocènes, et l'Australie peut nous faire entrevoir la faune des temps secondaires.

Comment l'extension de ces animaux a-t-elle pu ainsi se restreindre ? Il nous suffira pour étudier cette question d'examiner le cas de Madagascar sur lequel nous avons quelques données assez précises. L'étude des fonds marins a conduit M. Wallace à admettre que le pont terrestre par lequel Madagascar a été autrefois réuni au continent et sur lequel ont passé les Lémuriens venant d'Europe se trouvait à la hauteur du canal de

Mozambique ; la migration de ces animaux a dû se faire à l'époque éocène ; plus tard une grande mer allant de l'Atlantique au golfe du Bengale a dû isoler l'Europe du continent africain où les Lémuriens ont seulement persisté. Avant le rétablissement des communications entre l'Europe et l'Afrique, le pont qui existait entre Madagascar et l'Afrique a dû être rompu. Ce qui conduit à admettre cette hypothèse, c'est l'extension en Afrique de grands animaux tels que les Lions, les Hippopotames, les Éléphants qui existaient en Europe à l'époque tertiaire, et qui manquent complètement à Madagascar. L'invasion de l'Afrique par ces grands animaux a donc dû se produire après l'isolement de la grande île africaine.

Telles sont les théories curieuses formulées par M. Wallace pour expliquer l'émigration des Lémuriens à Madagascar, elles permettent également de rendre compte de la présence d'un autre groupe d'animaux, les Centidés insectivores, qui constituent un type très caractéristique de la faune de ce pays. Par des considérations analogues à celles que nous venons d'exposer, on entrevoit comment ces animaux ont pu passer d'Europe où ils existaient aux temps tertiaires à Madagascar où on les retrouve maintenant isolés. Dans ce cas cependant le problème est un peu plus compliqué, puisque ces mêmes Mammifères existent encore aujourd'hui dans les grandes Antilles.

Les affinités entre la faune de Madagascar et celle des Antilles ou de l'Amérique sont d'ailleurs confirmées par les relations qui existent entre quelques plantes des Mascareignes ou de Madagascar et diverses espèces américaines. Le genre *Maturina* (Turnéracée) a une espèce particulière à l'île Rodriguez qui est alliée à l'*Erblichia* confiné dans l'Amérique centrale ; le *Siegesbeckia* (Composée) comprend deux espèces, une des Mascareignes, l'autre du Pérou ; le genre *Trochetia* (Sterculiacée) est composé de six espèces, quatre à Maurice, une à Madagascar, une à Sainte-Hélène.

Comment ont pu s'établir de pareilles ressemblances entre les habitants de régions aussi éloignées ? Si l'on ne considérait que les végétaux qui se propagent à d'immenses distances, on ne pourrait rien dire de bien concluant sur cette question : l'étude des Mammifères fournit heureusement un élément précieux pour en ébaucher la solution.

Des recherches géologiques publiées dans ces dernières années laissent entrevoir comment des connexions ont pu s'établir entre les faunes de ces lointains pays. Si nous admettons la possibilité de relations entre l'Europe, l'Afrique et Madagascar aux temps tertiaires, il nous reste à indiquer comment les communications ont pu se faire avec l'Amérique à cette époque reculée. Or les magistrales études de M. Süss établissent ce dernier résultat sur un fondement géologique très sérieux. On a trouvé des dépôts identiques de basalte et des couches d'eau douce avec plantes aux Féroë, aux Hébrides, en Irlande et au Groenland ; un autre argument est tiré de ce fait qu'à l'époque oligocène et miocène les Mammifères sont identiques en Europe et en Amérique. Il y a donc eu dans le nord de l'Atlantique un continent qui a relié autrefois l'Europe et l'Amérique. Vers la fin du miocène, ce continent s'est effondré et c'est peut-être ce grand affaissement qui a amené la période glaciaire.

Ces idées nouvellement introduites dans la science nous ramènent, comme on le voit, à d'anciennes conceptions qui pendant près d'un demi-siècle ont été bannies de la géologie. Cuvier, dans son mémorable ouvrage sur les *Révolutions du globe*, avait cherché à expliquer les changements complets qui s'étaient opérés entre les divers périodes géologiques au point de vue des faunes par des destructions successives formidables de tous les êtres vivants, bientôt suivies de créations nouvelles. Cette théorie n'était pas sans présenter quelques analogies avec la conception des Indiens qui admettent un rythme dans l'évolution de l'univers qui serait successivement dissous puis recréé.

Les progrès des connaissances géologiques ont amené les savants à renoncer aux hypothèses de Cuvier, et les idées de Lyell sur l'intervention des actions lentes ont triomphé depuis près de cinquante ans. Leur succès a contribué à donner au darwinisme un appui indispensable, car la transformation des êtres vivants comme celle des terrains a dû se faire peu à peu et exiger des milliers de siècles pour s'accomplir : la théorie de la sélection — telle que l'imaginèrent les grands naturalistes anglais, Darwin et Wallace, — se produisant au hasard ne peut devenir efficace qu'au bout d'un nombre immense d'années.

On le voit, les géologues tendent à admettre maintenant pour expliquer les grandes variations que l'histoire de la terre leur révèle non seulement les actions lentes, qui avaient été autrefois complètement méconnues, mais aussi de grandes perturbations qui disloquent de temps en temps notre globe. L'effondrement d'un continent au nord de l'Atlantique serait du nombre de ces derniers phénomènes, mais ce ne serait pas le seul dont la surface de la terre aurait été le théâtre : la formation de la Méditerranée serait due également à un affaissement gigantesque de l'écorce terrestre.

Ces grands bouleversements, en changeant profondément les conditions de climat des continents, ont pu contribuer à amener des transformations beaucoup plus rapides des êtres qui vivaient à leur surface. Pendant les périodes de repos de l'écorce terrestre, l'évolution a été forcément très lente pour devenir brusque à la suite des grands cataclysmes qui amenaient la disparition rapide de tous les êtres qui ne s'accommodaient pas aux nouvelles conditions d'existence.

Ces conceptions nouvelles modifient grandement, on le voit, nos idées sur la science. Elles sont destinées, par conséquent, à avoir les plus graves conséquences. Elles contribuent à faire admettre que le déluge, dont presque toutes les cosmogonies ont gardé le souvenir, est probablement la dernière catastrophe dont la terre ait été le théâtre depuis que l'homme s'est montré à sa surface.

CHAPITRE XXII

LE DERNIER CATACLYSME TERRESTRE
ET
LES CONCEPTIONS COSMOLOGIQUES PRIMITIVES
DE L'HUMANITÉ

Les traditions du déluge. — Les géologues contemporains reviennent actuellement, avons-nous dit, aux anciennes conceptions de grands cataclysmes qui ont dû à diverses époques bouleverser l'écorce terrestre ; ces convulsions indiquent l'intervention de forces « d'une intensité si effrayante, que l'imagination se refuse à suivre la raison dans ses démarches et à se faire de ces événements terribles le tableau complet dont les faits observés lui fournissent la première esquisse » (1). M. Süss, le savant autrichien éminent à qui l'on doit ces théories nouvelles, s'est demandé si l'humanité n'avait pas conservé le souvenir de la dernière de ces catastrophes, et il s'est livré, pour résoudre cette question, à une étude critique du récit du déluge, en se plaçant surtout au point de vue géologique. Il a été amené ainsi à conclure de ses recherches que, de toutes les versions de cet événement trouvées chez les peuples les plus divers, la tradition chaldéenne, si intimement liée au récit de la Génèse, paraît seule correspondre à un fait qui a pu être historique. Selon lui, le déluge chaldéen correspond à un phénomène géologique intense, à un ras de marée formidable qui a dû se passer sur les bords de l'Euphrate.

Les cataclysmes de cette nature sont, encore à l'heure

(1) Süss.

actuelle, d'une puissance démesurée, car ils peuvent d'un seul coup détruire des villes entières et engloutir en un instant la population d'un pays. Depuis le siècle dernier, le golfe du Bengale a été, à plusieurs reprises, le théâtre de pareils événements : 20.000 personnes en 1787, 50.000 en 1822, 215.000 en 1876 trouvèrent ainsi une mort aussi brusque que terrible.

L'étude critique des récits chaldéens (1) a conduit M. Süss à conclure que le phénomène diluvien a été produit par l'Océan et que les pluies n'ont été qu'accessoires. On apprend que c'est Ea, dieu de la mer, qui prévient Hasis-Adra (le Noé chaldéen) de la décision prise par les dieux de détruire l'humanité et lui ordonne de construire un bateau (2). Ces avis d'Ea, selon le géologue allemand, furent peut-être de petits ras de marée, vraisemblablement d'origine séismique, des débordements de la mer sur ses rivages qui refoulèrent les eaux de l'Euphrate et jetèrent la terreur dans Schourripak. Les Anounnaki, qui font monter les flots, sont les esprits de l'abîme et les grandes eaux souterraines. Le bateau qui porte Hasis-Adra est repoussé vers le pays de Nizir; ce détail est pour M. Süss tout à fait caractéristique, car, d'après une inscription du temps d'Assournazirpal, le pays de Nizir est à l'est du Tigre, à peu près entre 35 et 36 degrés de latitude : la barque a donc été conduite par

(1) Récits faisant partie de l'épopée d'Izdubar qui a été déchiffrée par G. Smith sur les briques couvertes d'inscriptions cunéiformes retirées des débris de Koyoundjik et qui constituaient la bibliothèque de Ninive. Cette épopée a été copiée sous le règne d'Assourbanipal (670 avant J.-C.) sur un texte beaucoup plus ancien qui avait été conservé à la bibliothèque d'Erech (Ouroukh) et qui remontait vraisemblablement à plus de 2.000 ans avant notre ère. Elle s'accorde jusqu'à un certain point avec le texte de Bérose (voir plus loin).

(2) Ce qu'il fait, disent les inscriptions cunéiformes, « malgré les moqueries du peuple et des vieillards ». Dans le récit du déluge qui se trouve dans le Coran, il est question de ces railleries qui ne sont pas mentionnées dans la Genèse : « et il construisit un vaisseau, et chaque fois que les chefs du peuple passaient auprès de lui, ils le raillaient : Ne me raillez pas, dit Noé, je vous raillerai à mon tour. » Le récit du déluge conservé en Arabie dérivait donc, comme celui de la Bible, d'une même source chaldéenne. L'argument géologique que M. Süss ajoute à beaucoup d'autres, en faveur de cette opinion, est curieux : Noé enduit son arche de bitume en dedans et en dehors ; or, c'est ainsi qu'on construit encore les bateaux sur l'Euphrate, région qui contient des gisements d'asphalte très importants.

une force qui agissait en sens inverse du courant des fleuves ; elle devait venir de la mer (1) par conséquent.

Il y a, selon nous, un autre argument qui, bien qu'indirect, plaide en faveur de la manière de voir de M. Süss et conduit à faire admettre que l'Océan se trouvait lié dans la mémoire de l'homme primitif au cataclysme diluvien : il dérive de la connaissance de la religion des hordes sauvages qui constituaient l'humanité à l'âge de pierre, religion qui semble avoir reposé sur deux notions fondamentales, le souvenir du déluge et l'adoration de la mer.

Afin de justifier notre manière de voir, nous allons essayer d'établir la convergence des traditions qui se rapportent au culte de Vénus, symbolisant l'Océan, et celles qui se rattachent à la destruction de l'humanité par les eaux diluviennes.

Dans le récit chaldéen, quand le bateau d'Hasis-Adra flotte et que les cadavres surnagent, les dieux effrayés par l'immensité du désastre s'enfuient, mais la déesse *Istar* accourt et elle pleure sur le sort de l'humanité. Ses lamentations ne paraissent pas vaines, car la barque ne tarde pas à échouer sur une montagne ; Hasis-Adra lâche une *colombe*, puis une hirondelle et enfin un corbeau. Istar élève dans les airs les grands arcs. Bel, qui a causé le déluge, conçoit une grande colère parce que Hasis-Adra est sauvé ; mais Ea, le dieu de la mer, justifie le malheureux qui a survécu au désastre : l'innocent ne doit pas payer pour le coupable. Bel se laisse enfin convaincre et sa colère ne tarde pas à s'apaiser.

On voit qu'Istar joue un rôle fondamental dans l'histoire du déluge chaldéen, c'est elle qui intervient pour sauver l'humanité sur le point de périr : associée à Ea, le dieu-poisson, elle défend l'homme contre les puissances aveugles de la nature. Or, Istar est la grande déesse de la Chaldée et de l'Assyrie, qui préside à la génération et qui a été rapprochée de l'Astarté phénicienne aussi bien que de la Vénus grecque, par un grand nombre d'auteurs : trois divinités qui, comme on le sait, personnifiaient la mer et la fécondité.

On conçoit aisément que les peuplades barbares qui avaient

(1) La nécessité d'une intervantion de l'Océan avait d'ailleurs déjà été entrevue en 1775 par Machaelis, que l'on a appelé un des fondateurs de la nouvelle exégèse biblique : « le déluge, disait-il, doit avoir eu dans la mer sa principale origine. »

assisté à la grande catastrophe du déluge aient conservé un effroyable souvenir de cet événement. Il paraît vraisemblable d'admettre que l'épouvante ait fait germer dans leur esprit cette pensée qu'une divinité cachée dans les abîmes de la mer avait voulu, à la fois, les épargner et détruire leurs semblables qui avaient péri sous les eaux.

On comprend alors très bien comment avait pu naître cette fameuse conception, qui se retrouve dans toutes les cosmogonies, d'après laquelle tout est sorti de l'Océan primordial. Dans le Rig-Véda, il est dit qu'à l'origine « la nuit fut, tout cet univers n'était qu'une onde indistincte » ; pour Homère « Okéanos est l'origine de toutes choses ». Selon Bérose — ce prêtre chaldéen qui a écrit, pour les rois grecs de la Perse, l'histoire de sa religion, — il fut un temps « où toutes choses n'étaient que ténèbres et eau ». On pourrait être tenté de croire qu'il s'agit ici d'une de ces nombreuses idées communes aux peuples aryens, mais il n'en est rien : Lo-pi affirme, d'après les traditions chinoises, que « l'eau est le principe des choses ». Dans les pays les plus éloignés, en Amérique, aux Indes, etc., on trouve des mythes rapportant que la terre a été pêchée au milieu des eaux, et on a déjà remarqué que très souvent ces traditions se trouvaient liées à celle d'un déluge (1).

A l'aphorisme fameux : « Tout vient de la mer », que Thalès avait trouvé dans les temples, il faut donc ajouter pour le mieux comprendre et le compléter : « Tout est détruit par elle. » L'Océan est, à la fois, la source de toute existence et la cause de toute grande destruction.

La légende chaldéenne indique la région supérieure de l'Euphrate et du Tigre comme le point où vint aborder la barque d'Hasi-Adra. Cette région a dû devenir par cela même sacrée. Dans le récit de Bérose, le Noé chaldéen, qu'il appelle Xisouthros, vient échouer en Arménie ; dans une partie, dit-il, qui subsiste encore dans les monts Gordyéens d'où les pèlerins rapportent l'asphalte qu'ils ont raclé sur les débris du navire, et dont ils se servent pour repousser l'influence des maléfices.

Il y avait donc, d'après ces données, un ou plusieurs lieux

(1) Cette remarque est du savant allemand Andrée, qui a étudié les traditions diluviennes (1891).

sacrés vers les parties hautes de l'Euphrate ou du Tigre où l'on gardait le souvenir du déluge tel qu'il est rapporté sur les briques de Ninive et par les textes de Bérose.

Ceci est tout à fait confirmé par ce que raconte le pseudo-Lucien sur la déesse syrienne. Selon cet écrivain, il y avait à Hiérapolis, sur le haut Euphrate, dans une région qui n'est pas très éloignée d'Alep, un temple fondé en l'honneur de Deukalion Sisythes. Deukalion, on le sait, est le Noé grec ; il s'était enfermé dans un coffre avec des animaux, chevaux, lions, serpents et autres animaux féroces auxquels Zeus inspira une telle amitié réciproque qu'ils ne s'entre-dévorèrent pas et furent ainsi sauvés de l'inondation qui couvrait la terre.

« Les gens d'Hiérapolis, dit le pseudo-Lucien, ajoutent une narration merveilleuse : que dans leur pays s'ouvrit un vaste gouffre où s'engloutit l'eau du déluge. Alors Deukalion éleva un autel et consacra un temple à Héra, près du gouffre. J'ai vu ce gouffre qui est très étroit et situé sous le temple. En souvenir de l'événement que l'on raconte, voici le rite que l'on accomplit : deux fois par an, l'on apporte de l'*eau de mer* au temple. On la verse dans le temple et elle descend dans le gouffre. On dit que cela se fait en vertu d'une loi religieuse instituée par Deukalion pour conserver le souvenir de la catastrophe et du bienfait qu'il reçut des dieux. »

Dans ce temple se trouvait une statue d'or. « Les Assyriens, ajoute le pseudo-Lucien, ne lui donnent aucun nom particulier, et ne savent ni son origine, ni le dieu qu'elle représente. Quelques-uns disent que c'est Dionysos, d'autres Deukalion, d'autres enfin Sémiramis. Sur sa tête est *une colombe d'or*, et c'est ce qui fait dire qu'elle représente Sémiramis. Deux fois par an, on la conduit à la mer pour aller chercher l'eau dont nous avons parlé. »

Nous pouvons retenir deux choses très suggestives dans ce récit : d'une part le rapprochement du nom de Dionysos de celui de Deukalion, d'autre part l'allusion à Sémiramis. On sait que les anciens avaient été depuis longtemps frappés des rapports qui existaient entre Dionysos ou Bacchus, le dieu du vin, et Osiris, le grand dieu de l'Égypte. Ce dernier, on le sait, avait été placé par son frère Typhon dans un coffre qui fut emporté par le Nil jusqu'à la mer et jeté de là sur la côte de Phénicie, à Byblos, point qui n'est pas éloigné de Hiéra-

polis (1). N'est-il pas singulier de trouver des ressemblances si remarquables entre Noé sauvé des eaux, qui cultive le premier la vigne, et Dionysos qui est rapproché de Deukalion et aussi d'Osiris (2). Le fameux mythe d'Isis et d'Osiris ne serait-il par hasard qu'une histoire allégorique du déluge?

Le pseudo-Lucien mentionne également comme déesse syrienne Sémiramis qui avait une colombe sur la tête. Or, la légende de Sémiramis, a été l'objet de nombreuses recherches qui conduisent à l'identifier avec l'Astarté phénicienne, car la colombe était également consacrée à ces deux divinités (3).

(1) Les divinités fondamentales de l'Égypte étaient donc liées à des sanctuaires de l'Asie Mineure. M. Maspéro regarde d'ailleurs les égyptiens comme d'origine asiatique.

Rappelons qu'Osiris avait pour attribut la Vigne. Il était taurocéphale comme Dionysos, et les anciens ont si bien identifié ces deux divinités, qu'ils ont fini par donner Dionysos comme époux à Isis.

Il y a sur la tombe de Seti I (1350 avant J.-C.), à Thèbes, un récit qui présente quelque analogie avec celui du déluge : Râ (le soleil, souvent identifié avec Osiris), réunit le conseil des dieux irrités contre les hommes qui parlent contre lui. La déesse Hathor est chargée de la destruction. Jusqu'à Héracléopolis, le pays est couvert de sang.

(2) Il est à remarquer que c'est de l'Asie Mineure que le culte de Dionysos s'est répandu en Grèce. Or, c'est dans ces contrées que l'on trouve la légende du Nannacos, vieux roi de Phrygie qui paraît avoir joué un rôle analogue à celui de Noé. Strabon lui donne le surnom de Kibotos (qui veut dire coffre, caisse). Le dicton « Pleurer sur le temps de Nannacos » se trouve parmi les fragments du poète Hérodas. Il est donc vraisemblable qu'il existait une tradition du déluge en Phrygie.

(3) Voici ce que dit M. Perrot : « Plusieurs auteurs affirment que Sémiramis était adorée comme déesse soit dans la vallée de l'Euphrate, soit en Syrie, et particulièrement à Ascalon et à Hiérapolis (Athénagore, Diodore). Le lien par lequel la tradition la rattache à Dercéto, la grande déesse d'Ascalon, indique que Sémiramis n'était qu'une des formes du type adoré sous divers noms, par diverses tribus sémitiques de l'intérieur et de la côte ; or, nous savons que la colombe était particulièrement consacrée à Dercéto-Sémiramis d'Ascalon et de la Syrie septentrionale. Sémiramis, d'après Diodore, avait été nourrie par des colombes (voir plus loin le mythe d'Hygin), et à sa mort elle se changea en colombe. Sur les monnaies frappées à Ascalon sous les empereurs romains, on voit une déesse, Dercéto ou Sémiramis, qui a tantôt la colombe auprès d'elle, tantôt la porte sur sa main ouverte. L'attribution de la colombe à l'Astarté de Syrie et de Paphos est, s'il est possible encore, mieux attestée. » Les monnaies de Byblos représentent deux divinités : l'une mâle, l'autre femelle à tête et corps humain et à queue de poisson (Babelon).

D'après Maury, la divinité d'Hiérapolis était encore appelée Atargatis, il l'identifie d'ailleurs avec Astarté ; la colombe et le poisson lui étaient consacrés ; elle présidait à la fois à l'élément humide, à la lune et à la planète Vénus. (Les adorateurs de la déesse syrienne s'abste-

Il semble d'ailleurs que l'histoire de la catastrophe diluvienne ait été transportée par les Phéniciens et les Carthaginois dans leurs colonies, à moins (ce qui n'aurait rien d'invraisemblable) qu'ils n'en aient trouvé eux-mêmes le souvenir chez les peuples de différentes régions de la Méditerranée. Les archéologues italiens ont découvert, en effet, en Sardaigne, des traces d'une civilisation ancienne, qui est peut-être issue de la civilisation carthaginoise, et parmi les objets de culte ainsi retrouvés se rencontrent des barques votives, dont la signification ne nous paraît pas douteuse. Sur le bord de l'un de ces petits vaisseaux (*fig.* 143), on reconnaît les animaux variés qui ont dû se trouver avec Noé dans l'arche, comme l'éléphant, le chameau, le porc, le loup; sur un autre objet semblable, on distingue une colombe (*fig.* 144) qui est encore évidemment l'oiseau d'Astarté dont le culte a accompagné partout les marins de Tyr.

Fig. 143 et 144. — Barques votives trouvées en Sardaigne (d'après M. Crespi).

Des galères votives analogues ont été également trouvées à Chypre, qui est, comme l'on sait, la terre par excellence où florissait le culte d'Aphrodite (1). Les nacelles (bari) sacrées jouaient aussi un grand rôle dans la religion égyptienne. Seul le roi ou les prêtres de haut rang pénétraient dans le sanctuaire pour y aller chercher dans le

naient de poisson). Des fêtes orgiastiques existaient à Hiérapolis comme à Chypre. Ce culte paraît avoir laissé des traces chez les Samaritains qui, d'après Beer, Nork et Renan, adoraient sur le mont Garizim Jahvé sous la forme d'une colombe, parce que, d'après une version des rabbins, la sagesse créatrice planait au-dessus des eaux sous la forme d'une colombe au moment de la création. Les traditions qui se rapportent au déluge nous ramènent donc au culte de Vénus.

(1) Il est à noter, en outre, que l'on a signalé également à Chypre une petite terre cuite provenant de l'Alambra de Deli où l'on voit une divinité coiffée d'une tiare, qui est dans une barque. On l'appelle, peut-être sans raison, l'Apollon cypriote.

tabernacle l'emblème ou la statue qui servait de dieu ; ils plaçaient cet objet sur une de ces barques en bois que l'on portait sur les épaules en procession (1). Maury a déjà remarqué la grande analogie de ces bari avec l'arche des Hébreux.

Les cérémonies en l'honneur du grand cataclysme diluvien ont d'ailleurs été répandues chez les peuples de la Méditerranée. A Athènes notamment, les fêtes des Hydrophories rappellent beaucoup celles décrites plus haut qui se célébraient à Hiérapolis : c'est en souvenir de Deukalion qu'avaient lieu chaque année dans l'Attique la libation d'eau et l'offrande de miel et de farine au gouffre où s'étaient englouties les eaux du déluge, cavité qui se trouvait près du temple de Zeus Olympien (2).

La tradition du déluge a d'ailleurs été retrouvée chez les peuples les plus divers (3). C'est une idée presque universelle ; « même parmi les plus ignorants Australiens, dit M. Lang, il existe le souvenir d'un déluge et d'une époque de terrible tempête ». Elle affecte, il est vrai, bien souvent chez les peuples de l'Amérique et de l'Océanie, les caractères les plus étranges (4), mais il y a cependant souvent des liens inattendus entre les récits que l'on recueille dans les pays les plus éloignés. Il

(1) Ceci se faisait notamment quand on transportait Ammon ou Isis.

(2) D'après Lenormant.

(3) Un ancien auteur anglais, Jacob Bryant (*A new system where an attempt is made to divest tradition of Fable* 1774) a déjà cherché à retrouver la vérité biblique au fond des vieilles fables des sauvages. Plus anciennement Spencer (principal du collège de Corpus Christi, à Cambridge, qui vivait de 1630 à 1693) disait que le culte hébreu n'était qu'une adaptation expurgée et, pour ainsi dire, divinement autorisée des coutumes païennes en général.

(4) D'après le conte huron, c'est une grenouille qui avait avalé les eaux. L'histoire se retrouve exactement sous cette forme en Australie : les eaux emprisonnées se précipitèrent en dehors du corps de l'animal et beaucoup de personnes furent noyées. (Il y a d'ailleurs d'autres versions du déluge en Australie.) Aux îles Adaman, c'est un pivert (notez la présence d'un oiseau mystérieux dans cette légende, qui joue un mauvais tour à un crapaud, celui-ci boit l'eau des rivières et des lacs, les oiseaux et le pivert meurent de soif ; le crapaud danse pour narguer son ennemi, mais alors les eaux s'échappent (Voir M. Lang). Dans l'Inde, Vritra est le dragon (le Poulpe, voir plus loin) qui a avalé les eaux ; le serpent védique est aussi le gardien qui veille sur les eaux ; quand Indra tue le serpent, il ouvre le torrent des eaux. D'après certaines versions indiennes, c'est un sanglier, un poisson, une tortue qui pêchent le monde hors des eaux et ces animaux merveilleux ne sont

est d'ailleurs à noter que fréquemment on peut retrouver dans ces histoires des détails qui évoquent de suite dans l'esprit des rapprochements avec la légende de Vénus telle que nous la connaissons maintenant. On y voit intervenir des oiseaux mystérieux (1) ou une femme, quelquefois les deux (2) en même temps qui contribuent soit à sauver, soit à créer l'humanité. Car il est à remarquer, et M. Lang a déjà cité le fait, que « dans presque toutes les mythologies la théorie de l'origine de l'homme se mêle à la tradition du déluge ou de quelque autre grande destruction qui a été suivie de la résurrection ou de la reconstitution de l'espèce ».

Le culte de la mer. — Ces divers mythes se conçoivent aisément si l'on admet que le culte primitif a été fondé sur les idées que nous énoncions plus haut que tout a été créé par la mer, et que tout a été détruit par elle : notions fondamentales

autres que Brahma ou Vichnou. En Afrique, chez les Boschimans, les Ovakuru Meyuru (ou les vieux qui habitent le ciel) firent tomber une fois sur la terre des torrents de pluie, mais ils les arrêtèrent quand tous les hommes furent noyés.

(1) Un Aigle monstrueux et un déluge jouent un grand rôle chez les Pimas de Californie.

(2) On trouve encore en Australie la légende suivante : le pélican au moment du déluge construit un canot et, nouveau Noé, se met à sauver des eaux ceux qui se noient. Durant le cours de cette mission, il devient amoureux d'une femme. On retrouve ici reliée à la légende du déluge l'histoire d'un oiseau et d'une femme (lointain écho peut-être de l'histoire de l'Oie bernache et Vénus). Ceci rappelle une autre histoire australienne, celle de cet oiseau Pundjel (un Aigle) qui a une épouse dont il n'a jamais vu le visage (idée fondamentale qui se retrouve dans tous les mythes de Psyché et de l'Amour). Chez certaines tribus de l'Amérique du Nord, on trouve l'histoire sous une autre forme : une femme avec un arbre céleste tombe du ciel sur le dos d'une tortue nageant au milieu des eaux ; conseil des animaux aquatiques, le rat musqué pêche la terre au fond des eaux. La légende de la terre pêchée est fréquemment associée à celle du déluge, d'après Andrée.

M. Lang rapporte qu'au Pérou, dans quelques légendes, la période des Incas est précédée d'un déluge ; toute l'humanité avait péri sauf un homme et une femme qui flottèrent dans un *coffre* jusqu'à une distance de plusieurs centaines de lieues de Cuzco ; le créateur leur enjoignit de s'établir en cet endroit, il fit avec de l'argile des images d'hommes, puis il leur donna la vie ; elles furent ensuite enfouies dans la terre ; certains d'entre les premiers hommes furent changés en pierre (explication des fossiles), d'autres en faucons ou condors (toujours l'oiseau énigmatique). Chez les Canaris (Amérique du Sud), les hommes passaient pour être les descendants des survivants d'un déluge et d'un bel *oiseau à figure de femme* (convergence vers l'Oie bernache et Vénus).

que nous retrouvons au fond du culte d'Astarté auquel nous sommes ainsi ramenés.

Dans un ouvrage publié antérieurement (1), nous avons signalé la survivance, chez les populations celtiques actuelles, de quelques traditions mystérieuses de l'ancienne Grèce ayant un rapport intime avec la question qui nous occupe en ce moment. Nous avons alors montré que, d'après les écrivains bretons du Moyen Age, il y aurait sous la mer une plante capable d'engendrer des Canards. M. Houssay nous apprend que cette légende traduit simplement ce fait que les Anatifes, crustacés qui ressemblent vaguement à des oiseaux, sont fréquemment rejetés à la côte attachés à des épaves, cette observation ayant dû amener à penser qu'il existe sous la mer un arbre qui produit des coquillages. Théophraste nous apprend que cette plante existe peut-être (2) et que certains observateurs ont dû probablement voir le Poulpe s'enrouler autour de ses branches. Le texte si curieux de ce savant disciple d'Aristote, que M. Houssay a mis en lumière avec une pénétrante sagacité, est donc une tentative d'explication scientifique des principaux symboles qui figurent dans le culte de Vénus : la Colombe, le Poulpe et l'arbre sacré.

Les trois symboles que nous venons de mentionner et beaucoup d'autres (3) tirent leur origine de la connaissance d'êtres aquatiques ; il pouvait sembler tout naturel d'admettre que c'est un peuple marin qui les a inventés. De là il semblait découler en tenant compte des découvertes si importantes faites à Mycènes, à Troie et à Chypre dans ces dernières années par les archéologues, que c'était aux populations égéennes qu'il fallait attribuer l'origine du culte de la mer et de la métamorphose des êtres vivants (4).

(1) *Végét. et mil. com.*, p. 279.

(2) Il mentionne cette plante pour faire un catalogue complet des êtres connus ou entrevus de son temps ; Linné en donnant un nom latin à l'Oie bernache (*Anser bernicola*) a fait de même.

(3) La croix gammée notamment qui, d'après M. Houssay, dérive aussi des bras de l'Argonaute, parce que ce dernier animal aurait été considéré comme un Poulpe à coquille.

(4) Tenant compte de la diffusion du symbole de la croix gammée, M. Goblet d'Alviella croit trouver son point de départ dans la Troade (de là, elle serait passée à Mycènes et en Thrace, puis en Asie Mineure ; la présence de ce même symbole en Étrurie aurait la même origine

Les anciens cependant paraissent avoir eu une opinion différente : ils ont reconnu, à plusieurs reprises, au culte d'Aphrodite une origine asiatique. L'identité de cette dernière divinité et de l'Astarté phénicienne semble indiscutable, et l'on peut considérer ce fait comme un des mieux établis par les textes et par l'archéologie. Le mythe rapporté par Hygin indique d'ailleurs un point de départ beaucoup plus oriental que la Phénicie pour la naissance de Vénus : un œuf, disait-on, tomba jadis du ciel dans le fleuve de l'Euphrate, des poissons l'apportèrent sur la rive, des Colombes le couvèrent et de sa coquille sortit Aphrodite.

Si l'on rapproche cette légende des hypothèses d'Anaximandre sur l'origine de l'homme, on ne peut pas manquer d'être frappé de leurs points de ressemblance. Pour ce philosophe ionien (611-547 avant J.-C.), l'homme apparut d'abord sous la forme d'un fœtus-poisson, et il ne sortit de cet élément qu'après avoir progressé de façon à pouvoir continuer son développement et se soutenir sur le sol. « Les autres animaux peuvent bien vite trouver eux-mêmes leur pâture, l'homme seul a besoin de longs soins nourriciers ; si donc il avait été à l'origine comme il est actuellement, il n'aurait pu subsister. » Il naquit dans l'eau, « recouvert d'une *coque épineuse* » ; ayant pris de l'âge, il monta sur le rivage ; « alors seulement, l'enveloppe se déchirant, sortirent des hommes et des femmes capables de se nourrir. »

Cette étrange théorie fait penser immédiatement au dieu Anou, Dagon ou Oannès de la Chaldée, qui avait la tête, la voix d'un homme et le corps d'un poisson, dont on a retrouvé à plusieurs reprises l'image dans les fouilles de la Babylonie. Bérose s'exprime de la manière suivante au sujet de cet animal : « Dans la première année apparut, sortant de la *mer Érythrée* à l'endroit où elle confine à la Babylonie (golfe Persique), un animal doué de raison, nommé Oannès. Il

première et elle expliquerait sa diffusion en Italie, Sicile, Gaule, Grande-Bretagne et Irlande ; les croix gammées du Caucase en dériveraient également, et le symbole se serait propagé de là dans l'Inde, en Chine, au Japon. Ne pourrait on pas modifier légèrement ce point de départ et admettre une origine arménienne, aux environs d'Hiérapolis? La présence du symbole dans l'Inde et la Chine s'expliquerait plus aisément ; la propagation dans la Méditerranée, en Étrurie, en Gaule et dans les pays du Nord se concevrait d'ailleurs sans difficulté.

avait tout le corps d'un poisson, mais par-dessous sa tête de poisson, une autre tête (qui était celle d'un homme), ainsi que des pieds d'homme qui sortaient de sa queue de poisson : il avait la voix humaine, et son image se conserve encore aujourd'hui. Cet animal passait la journée au milieu des hommes sans prendre de nourriture ; il leur enseignait la pratique des lettres, des sciences et des arts... Au coucher du soleil, ce monstrueux Oannès se plongeait de nouveau dans la mer, et passait la nuit sous les flots, car il était amphibie. Il écrivit, sur l'origine des choses et de la civilisation, un livre qu'il remit aux hommes (1). »

Ce mythe peut se rapprocher tout naturellement de la légende indienne du déluge où un poisson mystérieux sauve Manou d'une manière miraculeuse (2). On peut remarquer dans le récit indien que la notion du déluge se confond avec celle de la création. Manou peut être assimilé aussi bien à Noé qu'au premier homme ; c'est même un Adam presque divin, car ce sont ses prières qui engendrent la première femme, aussi les livres sacrés de l'Inde l'appellent-ils « le créateur de tout cet univers » (3).

(1) Dans une légende du sud du Pacifique (d'après Gill), la femme qui est au fond de la noix de coco s'arrache un morceau de chair de son flanc qui devient Vatea, qui est moitié homme, moitié poisson comme Oannès. Vatea épouse une femme du monde inférieur (Papa). Un enfant sort de sa tête comme Athéné de celle de Zeus.

(2) « Manou s'étant lavé, un poisson lui vint dans la main. — Protège-moi et je te sauverai. — Et de quoi veux-tu me sauver ? — Un déluge détruira toutes les créatures vivantes ; moi, je puis te sauver de ce déluge. » Manou élève le poisson qui grandit rapidement : « Quand viendra l'année où aura lieu le déluge, tu peux, en te rappelant mes conseils, préparer un navire que tu auras construit, et alors je te sauverai. » — Quand le déluge se produit, Manou monte dans un vaisseau, le poisson vient vers lui en nageant, Manou passe le câble du navire à la corne du poisson, pour qu'il le conduise vers la *montagne* du Nord. Le poisson lui dit : « Je t'ai sauvé. Maintenant attache ton navire à un *arbre*, bien que ton navire soit sur une *montagne*. Quand l'eau se retirera, tu pourras sortir de ton navire. » Le déluge a détruit toutes les créatures vivantes et Manou est le seul qui survit. Il passe sa vie à prier pour avoir des enfants. Il offre *aux eaux* des sacrifices de beurre ; de lait caillé. Il continue ses offrandes, et au bout d'un an, il s'en forme une femme : elle sort des offrandes et le beurre du sacrifice coule à ses pieds.

D'après le Mahabharata, Manou entre avec 7 Richis dans le bateau : d'après le Bhag-avata pourana, il y a avec lui dans le vaisseau sauveur une collection de tous les êtres, de toutes les graines.

(3) L'idée de la catastrophe diluvienne a donné aux Indiens la con-

Nous trouvons donc mêlé à ces théories philosophiques ou à ces légendes cosmogoniques de la création de l'homme et de sa destruction un animal singulier que l'on appelle un poisson, parce qu'il vit dans la mer. En réalité, il semblait en différer beaucoup, car il avait une tête d'homme par-dessus sa tête de poisson. A quel animal est-il ainsi fait allusion ? Comment la croyance qu'il s'intéressait à l'humanité a-t-elle pu naître ?

En examinant récemment des ivoires japonais, il nous est venu à l'esprit une explication des conceptions précédentes qui peut paraître, au premier aspect, assez hypothétique, mais qui s'accorde, semble-t-il, très bien avec un grand nombre de faits connus et jusqu'ici inexpliqués, se rapportant aux reli-

1 2

Fig. 145 et 146. — Figurines japonaises en ivoire représentant le Poulpe (Musée du Louvre).

gions de l'Extrême-Orient et de la Grèce. Les divers groupes d'ivoire (1) dus à des artistes du Japon que nous avons pu étudier représentent un seul et même animal, le Poulpe, luttant contre des hommes qui l'attaquent, saisissent un pêcheur ou une femme ou se livrent à des exercices variés. Les deux croquis que l'on voit ci-dessus (*fig.* 145 et 146) don-

ception d'autres cataclysmes, de sorte que, pour eux, la création et la destruction seraient des rythmes de l'évolution de l'univers : à la fin de chaque jour de Brahma (un Kalpa de 4.320.000.000 d'années) a lieu la dissolution du monde, alors commence la nuit de Brahma et chaque création nouvelle est présidée par un Manou. — Le chiffre précédent n'est autre que celui de la grande période astronomique des Chaldéens amplifié d'ailleurs comme tout l'est dans l'Inde, qui était de 432.000 ans. — On a déjà signalé (Kuhn et Mgr. Laouenan notamment) les ressemblances qui existent entre Manou et le Menès des Égyptiens, le Minos des Grecs, le Man et Mann des Anglais et des Allemands.

(1) Ces groupes se trouvent au Louvre et au musée Guimet.

neront au lecteur une idée des conventions adoptées dans l'empire du Soleil levant pour représenter ce mollusque. Le corps de l'animal est redressé vers le haut et les bras sont appliqués sur le sol ; dans ces conditions, on ne peut pas manquer d'être saisi de la ressemblance frappante qui existe entre l'animal et une tête d'homme isolée à laquelle seraient attachés de nombreux bras. Cette tête est monstrueuse, le front est souvent couvert de rides, les yeux énormes fixent ceux qui l'attaquent d'une manière troublante, le nez est représenté par le siphon de l'animal qui sort du manteau, et la bouche manque.

La vue de ces statuettes japonaises évoque tout de suite le souvenir de la tête de Méduse. Lorsque Persée tua Gorgone, on sait qu'il montra la tête de ce monstre aux habitants de Sériphos qui en furent pétrifiés (1) : leur épouvante s'explique aisément, car ils retrouvaient la figure humaine dans l'horrible animal qu'on leur présentait. Les trois Gorgones (2) étaient évidemment des animaux pélasgiques, car on disait qu'elles habitaient par delà le vaste océan, près de la demeure de la Nuit (3).

L'Hydre de Lerne, l'être aux cent bras, correspond vraisemblablement aussi à une des nombreuses métamorphoses du Poulpe sacré : son histoire d'ailleurs, d'après certaines versions grecques, se rattache à celle de Deukalion (4), ce qui nous

(1) Dans une autre version, Persée tranche la tête de Méduse et du sang qui jaillit de cette tête surgit le cheval Pégase (ceci fait songer à l'Hippocampe, poisson à tête de Cheval associé au culte de Vénus). La lune (qui est liée aussi à Astarté) est représentée par Athéné ; cette dernière porte sur son bouclier la tête de Méduse et sur son casque la figure de chouette sans bouche (qui est encore le symbole du Poulpe). Les médailles de l'Attique et de la Phénicie représentent la chouette foulant au pied le vase sacré. Maury parle du grand dieu marin de Tyr, monstre marin vaincu par Persée. Persée est d'ailleurs lié intimement aux légendes de la Perse et de l'Égypte d'après Creuzer et Lajard.

(2) Méduse, Eryale et Sthéno, les trois sœurs.

(3) Les Graées (Péphredo et Enyo) étaient voisines des Gorgones, leur nom de vieilles ou de ridées doit faire évidemment allusion aux plis nombreux que présentait leur corps mou.

(4) Le serpent de Delphes au ventre plein d'eau est tué par Apollon et son corps en pourrissant prend le nom de Python, qui signifie pourrir ; ce serpent avait avalé les eaux du déluge de Deukalion. En Argolide, Python se transforme en Hydre de Lerne (Poulpe) et Hercule se substitue au fils de Latone. Un écho de ces traditions se retrouve dans une légende de Samoa (Océanie) rapportée par Turner : les pierres

prouve, une fois de plus, les liens manifestes qui existent entre le culte de la mer et le souvenir d'un déluge (1).

Les livres sacrés de l'Inde mentionnent à diverses reprises des monstres très semblables à ceux dont il vient d'être question et quelques figurines japonaises du Poulpe nous ont fait songer aux divinités indiennes pourvues de nombreux bras (2).

Il y a également dans un certain nombre de très anciens livres chinois quelques passages qui paraissent faire allusion à un être aussi étrange que celui qu'agitait Persée devant les habitants de Sériphos. Il y est question d'un homme divin qui « a le visage d'un homme », mais qui est « sans passions ». Ce saint est « homme et Dieu », mais il est « sans voix ». C'est l'être attendu, c'est le « saint qui doit venir après 3.000 ans », « les peuples l'attendent comme les herbes altérées ».

Ces textes singuliers, que Prémare remarquait au siècle dernier avec tant de surprise car il croyait y trouver des prophéties annonçant le christianisme, peuvent s'expliquer, croyons-nous,

deviennent des hommes (comme dans la légende de Deukalion), et les dieux peuvent également être ainsi métamorphosés surtout quand ils revêtent la forme d'une Seiche (animal voisin du Poulpe). — A Vancouver, dans l'histoire de Quawteath dans lequel se confondent Dieu et Adam, on voit intervenir une Seiche qui a dérobé le feu. Nous verrons plus loin comment toutes ces légendes se rattachent aux mythes du feu.

(1) Le culte d'Athéné appelée quelquefois *Gorgo*, est également intimement lié au déluge d'Ogygès, au lac Copaïs, à des lieux où se trouvaient des traces non équivoques d'une destruction par les eaux.

(2) Certaines statues de Çiva ont les cheveux transformés en serpents qui font songer à Méduse et au Poulpe. Dans certains livres indiens, il est question du roi des serpents qui avait 5 têtes et 5 gueules vomissant de la fumée et réduisant en cendres les arbres de la rive; Krichna enfant se précipita au milieu des eaux et affronta le monstre et tous ses compagnons : ce Dieu écrasa de son pied la *tête* de Caliya, qui, vaincu, implora son pardon et fut relégué dans le Grand Océan. — L'Hydre aux 7 têtes rappelant celle de Lerne se trouve dans le Rig-Véda : « l'insatiable Ahi, lourd, ignorant, insensé dormait près des 7 torrents dont il fermait la source. » Maury dit à ce propos que « l'aventure placée par les Grecs dans les marais de Lerne venait de beaucoup plus loin ». — Indra tue le serpent Vritra (celui qui enveloppe, qui retient) qui s'était emparé des eaux et du soleil qu'il avait volés (ceci rappelle le mythe des Tlinkits de l'Amérique du Nord où Yehl le corbeau rapporte aux hommes les eaux et le soleil volés); après avoir tué Vrita, Indra perd possession de lui-même, et sa conduite rappelle celle d'Odin en proie à la terreur que lui inspirait la tête de Suttung.

d'une manière très différente. Il faut, pour en démêler le sens, se reporter à la théorie de la création des êtres vivants d'après Empédocle exposée par nous ailleurs [1], conception qui semble être la traduction dans le langage scientifique de l'antiquité des idées profondes qui se cachaient sous le polythéisme. Grâce à ce guide, les phrases énigmatiques des vieux livres de la Chine semblent s'éclaircir tout à coup.

La nature dans ses créations, pensaient les anciens, n'arrive pas du premier coup à l'idéal qu'elle cherche à réaliser ; l'Océan, grand abîme où se forment les êtres, rejette souvent à la rive des animaux informes destinés à périr, mais témoignant que la force souveraine cachée au fond des mers est en voie de gestation. Tantôt c'est l'Hippocampe qui sort de l'eau et l'on y reconnaît alors une tête de Cheval presque formée [2] ; tantôt l'Anatife est rejeté et on remarque une ressemblance vague avec un oiseau. Chaque fois que ces ébauches de Cheval ou d'Oiseau se montraient aux anciens observateurs, ils étaient tentés de croire qu'elles présageaient quelque chose de grave ; mais lorsque le Poulpe apparaissait, l'inquiétude devait être plus grande : l'émissaire de la déesse des mers annonçait l'enfantement d'une humanité nouvelle, car *le Poulpe a dû être considéré comme ébauche de l'homme.*

L'histoire légendaire de la Chine s'accorde d'ailleurs avec cette interprétation. Il y eut, selon les plus anciens livres, après Pankou, premier être et premier roi, trois périodes fabuleuses (les trois Hoangs) : celle du ciel, celle de la terre et celle de l'homme. Les rois des deux premières dynasties avaient des corps de serpents, ou de dragons ; c'est seulement au début de la troisième qu'une ébauche d'humanité commença à apparaître : en réalité, ces êtres primitifs n'avaient que *le visage de l'espèce actuelle*, l'animalité se retrouvait dans les parties inférieures de leurs corps ; ils perchaient d'ailleurs sur les arbres comme le Poulpe qui, selon Théophraste, était attaché aux branches du Chêne marin ; en outre, à cette époque lointaine, les hommes n'étaient ni mâles ni femelles.

(1) Voir *Végét. et mil. cosm.*, p. 284.

(2) Il est à noter qu'un être mystérieux réduit à une tête de Cheval (Dadhyanc) joue dans les livres religieux de l'Inde ancienne un rôle qui n'a jamais été expliqué jusqu'ici.

C'était évidemment par là qu'ils se rattachaient à la divinité qui s'engendre elle-même (1).

Quand un de ces émissaires des divinités vraisemblablement marines — puisque, d'après Lo-pi, tout vient de l'Océan — se montrait, il était adoré, personne ne pouvant « lui être comparé », car il était « homme et Dieu. » (2)

Quelquefois aussi, ce messager était un envoyé de malheur : « Kong-Kong a un *visage d'homme*, un *corps de serpent* et une chevelure rouge. Il est homme et il ne l'est pas ; il est serpent et il ne l'est pas ; il n'est que ruse et mensonge. » — « Il frappe de *sa tête* le mont Pou-tcheou. Les colonnes du ciel sont rompues. » — « Kong-Kong se vantait d'avoir la sagesse du Saint », d'être « la *vertu de l'eau*. » — « Au temps du roi Chun, Kong-Kong excita le déluge (3). » Ainsi donc, même dans ces

1) Dans les sépultures de la famille Ou (IIe siècle de notre ère) on a des dessins de ces personnages mythologiques comme Fou-hi et Nion-Koa dont l'étude est très suggestive ; dans l'une de ces sculptures (Ting-hau consultant la statue de son père), on reconnaît une tête d'homme et les nombreux tentacules enroulés d'un Poulpe. N'est-il pas singulier aussi de constater qu'Erichtonius, le premier habitant de l'Attique, qui est intimement lié à Athéné, avait, comme Fou-hi, un corps d'homme et des membres inférieurs remplacés par des serpents. Les Molionides, dont il est question dans Homère, sont, d'après Aristarque, à double tête et à quatre bras comme les divinités de l'Inde.

(2) C'était la « doctrine du bois » (peut-être du Chêne marin), « de la loi de la croix » (Prémare).

(3) On retrouve d'ailleurs dans les textes chinois des animaux symboliques et étranges comme le Fong, qui présentent les plus grandes analogies avec l'Oie bernache. Il est à la fois mâle et femelle, il s'engendre lui-même, habite près de la fontaine d'immortalité et présente un certain lien avec la lune (Astarté).

Ces oiseaux mystiques paraissent liés au souvenir de la découverte du feu qui dut passer pour une révélation divine : Un sage vit un oiseau qui béquetait un arbre (peut-être le Chêne marin) et en faisait sortir du feu. Chez beaucoup d'autres peuples, on constate des convergences semblables vers les mythes du feu ; cette remarque a, selon nous, une importance capitale.

Comme en Assyrie et en Grèce, on trouve aussi en Chine des animaux fabuleux tels que la Licorne (Lin) qui naît aussi sans semences : « Elle a le corps d'un cerf, la queue d'un bœuf, les pieds du cheval, la couleur de la terre, une corne dont le bout est charnu. » D'autres animaux sont extraordinaires parce qu'ils sont hermaphrodites ou parce qu'il n'y a jamais qu'un seul sexe parmi eux : Long (Dragon) est sans femelle, il dérive de serpent et probablement aussi du Poulpe ; Kouei (la Tortue) est sans mâle. Long a un os énigmatique que Prémare regarde comme la croix elle-même. Tchi-yeou (symbole de Lucifer) a un corps de bête, une voix humaine, une tête d'airain.

récits obscurs de l'ancienne Chine, l'histoire de la naissance de notre espèce et celle d'un déluge se trouvent liées à des êtres étranges qui ont symbolisé autrefois un culte extrêmement ancien, puisqu'il a été commun à la Chine et à la Grèce (1).

Nous entrevoyons donc maintenant que le culte du Poulpe ou de la mer a eu une bien plus grande extension qu'on ne pouvait le prévoir, il paraît s'être propagé dans tout l'Extrême-Orient et les caractères du sintoïsme, la religion primitive du Japon, ne peuvent que confirmer notre manière de voir (2).

Il est d'ailleurs à noter que les modes de représentation du Poulpe que nous avons pu observer sur les ivoires japonais nous paraissent bien plus simples que ceux que nous avons pu indiquer ailleurs (3) pour les vases mycéniens de la Grèce préhistorique. Sur les urnes sacrées découvertes à Mycènes, à Chypre et dans toute la région égéenne, les bras du Poulpe sont figurés en haut du dessin, le corps en bas; on ne saisit donc pas comment il pouvait évoquer une tête d'homme; pour passer à celle-ci, les artistes pélasgiques ont été obligés de séparer les yeux du corps qui s'est rétréci pour devenir le nez, tandis que les bras réduits à deux se transformaient en sourcils. Les traditions du Japon nous paraissent donc beaucoup plus naturelles, et il suffit de contempler le Poulpe d'un de leurs sculpteurs pour songer immédiatement à une tête humaine.

Bien que nous puissions maintenant considérer comme très vraisemblable la diffusion à la surface de la terre et chez tous les premiers peuples civilisés (égéens, chaldéens, phéniciens, chinois, indiens, etc.) d'un culte primordial fondé sur la tradition du déluge et sur l'adoration de la mer, il nous paraît cependant que cette question offre un trop grand intérêt pour que nous ne cherchions pas à multiplier les arguments en sa faveur, d'autant plus qu'il s'agit ici des conceptions que

(1) Ceci fait entrevoir pourquoi Athéné sort de la tête de Jupiter (son nom ancien Tritogenia dérive d'un ancien nom de l'eau). Dans les légendes des mers du Sud, Tangaroa est né de la tête de Papa (voir la note p. 277). Au Mexique, Huitziton (oiseau-mouche), le guide des Aztèques, meurt et son crâne rend des oracles, comme la tête de Bram dans la légende galloise.

(2) Les ressemblances de cette religion avec celle de Vénus sont tout à fait frappantes, au moins au point de vue moral.

(3) *Véget. et mil. cosm.*, p. 278.

l'homme primitif a pu avoir sur le règne végétal, ce qui peut nous intéresser plus particulièrement dans cet ouvrage. L'examen d'une autre face du problème va nous permettre de contrôler et d'étendre nos premiers résultats.

Le culte de l'arbre de vie. — L'étude des mythes qui se rapportent au culte des arbres va nous faire retrouver encore dans les religions les plus différentes un fond primordial commun que nous serons amenés à considérer comme appartenant aux cosmogonies initiales de l'espèce humaine.

Les recherches si remarquables de M. Houssay — qui nous paraissent destinées à révolutionner la mythologie comparée, science qui mériterait d'être mieux connue à cause de sa haute portée — nous ont appris que les Anatifes, qui croissent sur des épaves, présentent une vague ressemblance avec des Oiseaux ; cette observation a dû conduire les barbares qui l'ont faite à admettre qu'il y avait sous la mer un arbre produisant des êtres ailés.

Cette conception singulière a été probablement le point de départ d'un mythe universellement répandu d'après lequel il existait dans un pays lointain et mystérieux, peut-être dans les abîmes de l'Océan, un végétal qui avait la merveilleuse propriété d'engendrer les êtres vivants et qui était par cela même la cause première de toutes choses. De quelle nature était cette plante étrange et inconnue ? Personne ne pouvait répondre à cette question, aussi chaque peuple devait-il être tenté d'assimiler l'arbre divin aux espèces plus ou moins anomales, plus ou moins bienfaisantes qu'il pouvait observer dans la contrée qu'il habitait. C'est probablement ainsi qu'ont dû naître les cultes du Figuier ou du Lotus dans l'Inde, du Sycomore en Égypte, du Cyprès en Perse, du Chêne et de la Vallisnérie en Grèce.

Dans les mythes indiens, la plante sacrée est liée à l'Océan primordial. Au commencement de la période présente, les eaux couvraient le monde, faisant le monde même : sur les eaux flotta un Lotus d'or et de ce Lotus sortit Brahma qui des pétales et de la fleur créa les diverses parties de l'univers.

« Quel est l'arbre, dit encore le Rig-Véda, dans lequel ont été taillés le ciel et la terre. »

Le culte des arbres s'est d'ailleurs maintenu dans l'Inde avec une étonnante immutabilité : encore aujourd'hui presque

chaque village a son arbre sacré qui est en général un Figuier des pagodes, cet arbre étrange dont l'aspect merveilleux a dû dès l'origine frapper les imaginations des peuples primitifs qui l'ont observé (1).

Le Lotus a joué un grand rôle non seulement dans l'Inde, mais en Phénicie et en Égypte ; il semble avoir, surtout dans cette dernière contrée, des relations avec la clé de vie. Sa fleur, qui s'ouvrait chaque matin aux rayons du soleil, a fait probablement naître des idées de résurrection et d'immortalité.

« Les Chaldéens doivent être compris parmi les peuples qui ont vu dans l'univers un arbre ayant le ciel pour cime et la terre pour pied ou pour tronc (2). »

Les liens de l'arbre sacré avec une déesse qui est probablement analogue à Vénus se manifestent d'ailleurs nettement dans certaines traditions. Dans l'hymne bilingue d'Eridou, cet antique centre religieux situé au bord du golfe Persique, il est question d'un arbre qui avec « son feuillage sert de couche à la déesse Zikoum. Au cœur de cette sainte demeure, qui projette son ombre comme une forêt où nul humain n'a pénétré, là réside la mère puissante qui passe à travers le ciel (3). »

L'arbre cosmologique, comme on le voit sur certaines anciennes monnaies de l'Inde, produit dans ses rameaux des soleils (*fig.* 155, 2, p. 295). D'ailleurs les Khasias de l'Hindoustan tiennent les étoiles pour des hommes qui ont escaladé le ciel en grimpant sur un arbre (4).

(1) M. Max Müller reproche à Windishmann d'avoir parlé du Figuier d'où les Hindous croyaient que le monde a été tiré, parce que les « Hindous n'ont rien dit de semblable ». Il nous semble que le rôle du Figuier qui constituait le pramantha producteur du feu était cependant capital. — Les bouddhistes vénèrent le Figuier. Une légende bouddhique parle d'un arbre gigantesque, orné de quatre branches, d'où coulent continuellement les grandes rivières (voir la note p. 38).

(2) M. Goblet d'Alviella.

(3) Sur des cylindres de Chaldée, on voit une déesse tenant un enfant sur ses genoux, à côté de l'arbre sacré. Au dire de M. Sayce, « la dame divine d'Eden » ou d'Edin se serait appelée dans la Babylonie du Nord la « déesse de l'arbre de vie ». Babylone, d'après Lenormant, aurait porté aussi en langue du pays le nom de « Tutter ki », « lieu de l'arbre (ou du bocage) de la vie ».

(4) Les Mbocabis du Paraguay disent qu'à leur mort ils grimpent le long de l'arbre qui unit le ciel à la terre. — D'après les Néo-Zélandais, le ciel était autrefois soudé à la terre ; ce fut un arbre divin,

Les relations de la plante sacrée avec l'oiseau mystérieux qu'elle porte se manifestent dans un certain nombre de traditions. Le Chêne était consacré à Zeus (1) et c'est sur un Chêne ailé que le dieu, dans Phérécyde, déploie le ciel, la terre et l'océan. Darmsteter dit que cette plante est ailée parce qu'elle court dans le ciel et il l'assimile à l'arbre de la nuée, au Wetterbaum des Allemands (l'arbre de la nuée) ; mais ne paraît-il pas beaucoup plus probable qu'il était ainsi qualifié parce qu'il poussait un oiseau sur ses branches.

Les disciples de Zoroastre paraissent avoir connu les mêmes traditions, car, dans le Bundehesch, l'arbre à toutes semences se nomme aussi l'arbre à aigle, et, suivant une version rapportée par Kuhn, quand un de ces oiseaux s'envole, mille rameaux poussent sur l'arbre.

Certains mythes indiquent nettement le lien qui unissait le culte de l'arbre marin au souvenir de la création. La nymphe Melia, qui symbolise le Frêne, et qui est fille de l'Océan,

le père des forêts, qui les sépara en se plaçant entre eux (Réville). Les Finnois et les Esthoniens possèdent plusieurs légendes relatives à l'arbre cosmologique : selon ces derniers, c'est un arbre d'où les maisons peuvent sortir, ainsi que les tables : la principale de ces maisons a la lune pour fenêtre (de Gubernatis).

Le culte des arbres se trouve partout. Darwin a observé dans son voyage dans l'Amérique du Sud, chez les Gauchos, l'arbre sacré Wallitchou garni par les passants de fils, de cigares, de pain et de viande, arrosé de maté. On retrouve un pareil culte à Bornéo, Sumatra, Malacca, aux Philippines, au Dahomey, en Perse, en Égypte, etc.

(1) A Éphèse, non seulement l'Olivier mais le Chêne étaient consacrés à Artémise, comme à Délos le Palmier. Son idole était pendue à leurs branches, « et, dit M. Lang, il n'est pas improbable que son culte ait remplacé celui qui était rendu à un arbre ». — En Grèce, tout sanctuaire est près d'un bois sacré comme les pagodes sont près du Figuier. — L'usage de consacrer le Cyprès à Aphrodite, selon Lajard, a pris son origine à Chypre. Le Pin était consacré à Cybèle. De l'arbre qui produit la myrrhe naît Adonis. Dans les mystères phrygiens en l'honneur de la mère des dieux (Cybèle), on coupait un Pin sur lequel on plaçait l'image du jeune Atys (Maury dit qu'Atys n'est qu'une forme plus récente d'Agdistis). Il y a d'ailleurs un lien entre Atys et Adonis et Dionysos auquel on consacre également la même plante. Sous le nom de dendritis, Dionysos (comme Artémise) est le dieu de l'arbre ou mieux encore le dieu qui est dans l'arbre. Les images de ce dieu étaient faites du bois de Figuier et parmi ses noms rituels figurait celui de Dionysos le Figuier ; une souche brute de Figuier était dans les campagnes l'idole représentant ce dieu. On a signalé les analogies de Dionysos et du dieu Soma (Maury).

épouse le fleuve Inachos et en a le premier homme Phoroneus, qui est en même temps l'inventeur du feu.

On peut retrouver également dans quelques-unes de ces légendes le souvenir de la destruction de l'humanité : Plutarque, pour expliquer la légende de la femme muette, — qui était une bûche de bois de Chêne que Zeus voulut épouser alors qu'il était en désaccord avec Héra, — prétend que cette femme muette signifiait un Chêne qui émergeait des flots après le déluge.

Les histoires les plus invraisemblables de la mythologie ont été souvent inventées pour interpréter ou pour cacher des légendes plus anciennes, devenues incompréhensibles ou trouvées trop barbares par les peuples civilisés.

Le même lien avec les traditions diluviennes se trouve aussi marqué dans l'épopée d'Izdubar. Quand ce héros se met à la recherche d'Hasis-Adra (pour recueillir de sa bouche le récit du cataclysme auquel il a assisté), il arrive « aux portes de l'Océan et rencontre une forêt d'arbres « pareils aux dieux » et des oiseaux merveilleux habitent au milieu de leurs branches.

Le rapprochement de ces divers mythes s'explique aisément dans notre hypothèse. Si, après le grand cataclysme diluvien, l'homme barbare s'est mis à étudier attentivement l'Océan devenu l'objet de son culte, il y a tout lieu de penser qu'il dut fonder des temples dans les îles voisines des côtes (1). « C'est probablement dans ces sanctuaires, comme le fait remarquer M. Maspéro, que s'organisèrent les premiers collèges sacerdotaux, où s'élabora la civilisation à la fois religieuse et scientifique. » C'est peut-être là que naquit l'histoire de l'Anatife et de son arbre sous-marin ; que s'ébauchèrent toutes les théories destinées à rattacher les observations faites sur le monde marin aux grandes conceptions sur l'origine de l'univers; que furent imaginées des explications religieuses de deux grandes découvertes : celle des liqueurs fermentées et celle du feu.

(1) M. Maspéro fait remarquer que ce fut dans les petites îles de la côte que les Koushites élevèrent leurs sanctuaires les plus vénérés. Une île sacrée, Dilmoun ou Dilvoun, était située à quelque distance de l'embouchure du Tigre sur la côte susienne (Fr. Lenormant). C'est probablement ainsi que Chypre est devenue un sanctuaire renommé d'Astarté.

Nous pouvons être renseignés, en effet, sur plusieurs de ces questions en consultant divers vases sacrés de l'époque mycénienne qui ont été trouvés à Chypre, île qui renfermait surtout des temples dédiés à Astarté.

L'une de ces urnes a été rencontrée à Ormidia et elle est actuellement conservée au Musée de New-York. La scène qui y est représentée comprend six personnages en train d'adorer une plante qui se trouve au milieu du dessin (la figure 147 ne représente que partiellement cette scène). L'oiseau existant à côté des adorateurs et qui paraît chercher sa nourriture dans le sol a été mis là pour avertir les fidèles qu'il s'agissait d'une cérémonie ayant un rapport avec le culte de Vénus, car on y reconnaît l'Oie bernache. Le végétal qui est l'objet de la cérémonie n'est pas une Vallisnérie, ni un Lotus ; à l'aspect de ses feuilles, on serait plutôt tenté de le rapprocher d'une Alismacée (*fig.* 147, 1). La pose des deux principaux adorateurs est très singulière et, comme le dit M. Perrot, « ils paraissent vautrés sur leur siège comme des ivrognes » ; (fig. 147, 1) nous ne pensons pas qu'il faille attribuer leur attitude bizarre à une maladresse de l'artiste ; ils sont probablement plongés dans l'ivresse divine que leur procurent les sucs des plantes qu'ils approchent de leurs lèvres, ivresse qui était probablement analogue à celle que donnait le Soma des Indiens.

Fig. 147 à 149. — 1. Dessin ornant le vase d'Ormidia (Musée de New-York) ; 2. Dessin ornant un vase de Citium ; 3. Dessin d'une coupe du catalogue Barre (d'après MM. Perrot et Chipiez).

Ce Soma (1) merveilleux joue dans les livres sacrés de l'Inde

(1) On a identifié cette plante avec les espèces grimpantes *Sarcolemma viminale* ou *acida* (Asclépiadées).

un rôle extraordinaire. Il est apporté du ciel par un oiseau qui est identifié avec Indra, mais dans lequel on est bien tenté de voir l'Anatife qui pousse sur l'arbre. Ce qui paraît justifier ce rapprochement, c'est que cette plante habite d'ordinaire les eaux et qu'elle est identifiée avec la lune, l'astre d'Astarté. Quand on écrase ce végétal, on en extrait un breuvage qui donne aux mortels une ivresse divine. Tout ce qui se rapporte à cette opération a été divinisé : le mortier qui sert à extraire le suc, jusqu'à la cérémonie par laquelle on le prépare.

Cette herbe miraculeuse a été longtemps gardée par des espèces de Centaures (Gandharvas ; cependant un Épervier aux ailes d'or, Agni (le feu), s'envola un jour de sa cime emportant dans son bec l'extrémité brisée d'un rameau.

Dans les traditions des Iraniens, sectateurs de Zoroastre, on trouve deux végétaux, l'un appelé Gaokerena, l'autre l'arbre sans douleur, et ces deux plantes sont comparées par Windischmann à l'arbre de vie et à l'arbre de la science du bien et du mal. M. Max Müller dit à ce propos : « Il nous paraît difficile de comparer ensemble l'arbre sans douleur et l'arbre de la science du bien et du mal. Nous admettrons plutôt le rapprochement entre l'arbre de vie et l'arbre qui produit le Haoma blanc (Gaokerena) parce que le Haoma, comme le Soma indien, était supposé donner l'immortalité à ceux qui en buvaient le jus. »

Il semble donc qu'une idée soit venue à l'esprit de l'homme après la découverte des liqueurs fermentées, c'est que la plante merveilleuse créatrice de toutes choses devait contenir un suc produisant une extase divine, conférant l'immortalité et la science de l'avenir.

Tout végétal donnant à l'homme une ivresse passagère fut considéré comme mystérieux ; aussi ne doit-on pas s'étonner d'apprendre que la Vigne s'appelait en assyrien « l'arbre de la boisson de vie ». Dionysos ou Bacchus ainsi qu'Osiris ont peut-être été divinisés pour avoir appris à l'homme à cultiver cette plante (1).

Nous voyons donc comment, par le Soma (qui semble si particulièrement lié aux symboles du culte de la mer), nous pas-

(1) La nature grimpante de la Vigne, comme celle du Soma (*Sarcostemma*), a dû d'ailleurs beaucoup frapper les premiers observateurs. Le latex du *Ficus religiosa* a d'ailleurs été employé à l'origine dans la fabrication du Soma.

sons à l'arbre de vie (1). La version de l'arbre mystérieux qui existe au fond de la mer, et qui engendre éternellement les créatures vivantes, a été modifiée : nous saisissons comment elle a pu se transformer et donner naissance à la légende de la plante dont le jus ou le fruit peut égaler l'homme à un dieu en lui donnant l'immortalité.

Le mythe sous cette forme a également une très grande extension. Nous le retrouvons notamment chez les Égyptiens. Dans le livre des morts, qui était le guide des âmes errantes dans le monde des ombres, on suit le défunt un bâton à la main à la poursuite du séjour de ses rêves ; il arrive bientôt à la limite du monde réel ; là, dans un tableau, nous le voyons en face d'un Figuier Sycomore chargé de *figues ;* une femme sortie du tronc à mi-corps lui tend un plateau couvert de pains et de fruits. S'il refuse de les prendre, il ne peut aller plus loin, car c'est l'arbre d'immortalité.

Fig. 150 à 153.— Divers aspects de l'arbre de vie sur les monuments assyriens.

Dans le mythe d'Isis et d'Osiris d'ailleurs, il est à noter que le coffre contenant le corps de ce dernier est apporté au pied d'un arbre qui avait évidemment un sens caché et qu'on appelait l'arbre du coffre. Il semble que l'on trouve ici réunis dans cette légende les deux symboles de la destruction et de la résurrection de l'humanité : le coffre paraissant lié au souvenir du déluge, et l'arbre à la naissance de l'homme.

L'arbre de vie jouait un très grand rôle en Assyrie, et de nombreux bas-reliefs représentent des génies ailés à tête d'Aigle, ou des divinités mâles ou femelles en train de cueillir le fruit de cette plante qui devait leur donner la vie éternelle (*fig.* 150 à 153).

(1) Dans l'Edda, il est question d'une lutte pour la possession d'un breuvage divin, l'hydromel, qui est à la fois la liqueur des dieux et la source de toute poésie. Il est enlevé par Odin sous la forme d'un serpent (forme du Poulpe).

A côté de cette première série d'interprétations des propriétés de la plante divine, nous en trouvons une seconde qui mérite également d'être signalée à notre attention, car toutes les idées étranges et quelquefois monstrueuses qui ont germé dans le cerveau des barbares créateurs des religions primitives ont eu les conséquences les plus importantes pour l'évolution de l'humanité.

L'examen de deux vases de la période mycénienne qui ont été trouvés à Chypre va nous renseigner à ce sujet (*fig.* 148, 2, p. 288). Sur un premier vase, celui de Citium, on voit deux taureaux symboliques (non figurés) en train de lécher amoureusement la fleur d'un arbre contre lequel ils sont dressés. La plante est encore plus schématisée que dans le dessin du vase d'Ormidia et on est tenté d'y reconnaître une combinaison du Chêne marin et de la Vallisnérie (1). La semence mâle de l'animal est d'ailleurs représentée par une série d'accents circonflexes superposés (*fig.* 149, 2, à gauche) (2).

Ce dernier mode de représentation de la poussière fécondante se retrouve d'ailleurs dans un dessin qui orne une coupe du catalogue Barre où l'on voit deux divinités féminines en train d'adorer une plante dans laquelle cette fois on reconnaît sans difficulté la Vallisnérie telle que M. Houssay nous a appris à la reconnaître (*fig.* 149, 3, p. 288).

Il s'agit, dans ce cas, d'un pied mâle (3, à gauche), et l'on voit les feuilles basilaires rubanées représentées par de simples traits qui entourent le cône de l'inflorescence duquel se sont détachées les fleurettes à étamines que l'on aperçoit en train de flotter dans le liquide : ces dernières sont figurées ici par ces cônes orientés de façons diverses dans l'eau, et les sépales sont schématisés par ces deux lignes qui couvrent le cône. Quant au pollen lui-même, comme dans le dessin précédent,

(1) Les deux spirales du haut correspondent assez bien à la spathe qui en s'ouvrant laisse libre la fleur femelle.

(2) Ce sont peut-être les observations faites par les Phéniciens sur la caprification, qui établissaient d'une manière si remarquable le rôle d'un insecte dans la fécondation qui ont fait naître ces conceptions. Les écrits de Pline établissent que le rôle du *Blastophaga* était connu des anciens. Les expériences d'Eimer, établissant que c'est pour les figues de *Smyrne* seulement que la caprification est indispensable, semblent indiquer que cette pratique agricole a dû naître en Asie Mineure. M. de Solms Leubach pense d'ailleurs que c'est grâce aux Phéniciens que la caprification s'est répandue dans la Méditerranée.

il est représenté par des accents circonflexes isolés (*fig.* 149, 3 à droite). Les deux divinités informes dépourvues de bras et de jambes subiraient l'action de cette semence. Quant au char qui orne le même vase (non figuré sur le dessin), il est évidemment traîné par des chevaux marins (Hippocampes) qui conduisent les déesses au lieu où se trouve la plante sacrée.

Nous possédons d'ailleurs un certain nombre de légendes qui justifient parfaitement les interprétations que nous venons de donner. Une des plus remarquables est celle d'Agdistis : lorsque les dieux tuèrent Agdistis, rapporte Pausanias, une goutte de son sang se changea en Amandier, dont les fruits rendaient les femmes enceintes. Aussi les Phrygiens représentaient-ils Amygdalos, personnification de l'Amandier, comme le père de toutes choses. Dans le conte des deux frères, cette singulière histoire de l'ancienne Égypte qui a été vulgarisée par les recherches de M. Maspéro, il est également question d'un *Persea* dont un copeau avalé par une femme Anoupou la fait concevoir (1).

C'est du rapprochement énigmatique de l'arbre marin et des divinités qui se trouvent au fond de l'abîme que naissent

(1) M. Lang dit : « L'homme passe aussi pour être le fruit de certains arbres, et l'on croit généralement qu'il n'est point sorti du sol tout formé, mais qu'il en a poussé comme une plante ou arbre. » Ceci se retrouve « depuis l'Égypte jusqu'aux wigwams des Algonquins ». D'après une légende boschimane, le lion vivait d'abord dans un nid, sur le sommet d'un arbre, c'est la malédiction d'Hectei-Eibib qui l'obligea à habiter sur le sol. Ceci explique peut-être la colonne du palais d'Artaxerxès de Suse où l'on voit un bœuf au sommet de l'arbre. D'après le livre sacré Bundehesch, Ahriman (le dieu du mal) pénètre dans le ciel sous la forme d'un serpent et saute sur la terre pour y tout détruire. En ce moment, deux créatures habitaient la terre, Goschoroum, le *taureau primitif*, et Gayomard ou Kaiomorts, *l'homme primitif*. Ils sont tués par Ahriman. La semence rendue par le taureau en mourant est purifiée, puis portée dans la lune (Astarté) et avec elle furent formés les graines, les plantes et les animaux purs. La semence de l'homme primitif est également purifiée, et elle donne, au bout de quarante ans, le corps d'un arbre qui sort de terre ; cet arbre donne le premier être humain représenté par deux corps liés, androgynes. L'arbre porte pour fruit dix espèces d'hommes qui ne tardent pas à se séparer pour donner Meschia, le premier homme, et Meschiané, la première femme. Homère parle des hommes nés du Chêne et Pindare d'hommes semblables à des arbres. Les Dryopiens se disaient nés des Frênes. On trouve dans les îles du Pacifique des mythes analogues. Chez les Maoris, Taue-Mahuta avait la forme d'un arbre. Les Hurons reconnaissaient comme ancêtre de leur race une femme tombée du ciel avec un arbre divin.

tous ces êtres monstrueux qui peuplent la mer, Hippocampes, Anatifes, Poulpes. Ces êtres sont des divinités, ils se reproduisent par eux-mêmes comme les premiers animaux selon Empédocle ; à cet état, les êtres vivants ne sont encore qu'ébauchés, l'Hippocampe n'a qu'une tête de Cheval, mais le corps est encore celui d'un poisson ; bientôt les parties du corps qui doivent former l'être définitif se rejoignent ; puis les sexes apparaissent et le Cheval ou l'homme définitifs destinés à vivre sur la terre ferme sont formés (1).

Le Poulpe, l'Hippocampe, l'Anatife (2) qui jouent un rôle dans la naissance des êtres vivants chez des peuples marins se transforment en d'autres animaux terrestres dans les tradi-

(1) Un texte de Bérose démontre d'ailleurs très nettement que ces conceptions étaient bien celles de l'antique Chaldée. « Il fut un temps, dit-il, où *toutes choses n'étaient que ténèbres et eau ;* et dans cette eau et ces ténèbres étaient engendrés des animaux merveilleux, doués de formes et de figures singulières. C'étaient des hommes à deux ailes, quelques-uns à quatre ailes et à deux visages, ayant un seul corps et deux têtes mâle et femelle, et réunissant les organes des deux sexes ; puis d'autres hommes, ceux-ci avec des pattes et des cornes de chèvre, ceux-là avec des pieds de cheval ; d'autres encore ayant les parties postérieures de chevaux, les antérieures d'hommes, de manière à figurer des hippocentaures. Il naquit aussi des taureaux portant des têtes humaines, des chiens au quadruple corps, se terminant en queue de poisson ; des chevaux à tête de chiens et des hommes et des animaux ayant des corps et des têtes de chevaux, des queues de poissons ; d'autres animaux, enfin, avec toutes sortes de figures monstrueuses. En outre, il y avait des poissons et des reptiles, et des serpents, et d'autres animaux merveilleux, en grand nombre, *échangeant entre eux leurs formes*, et dont les images se voient dans le temple de *Bélus*. »

On voit donc que dans cette cosmogonie l'Océan existait seul au début et qu'il y fourmillait les mille êtres fantastiques qui sont figurés sur les vases sacrés ou sur les temples de tous les peuples anciens.

« Sur tous ces êtres, ajoute Bérose, régnait une femme du nom d'Omorca, nom qui est en chaldéen *Thalath*, et qui, en grec, se traduit *Thaletta, c'est-à-dire la mer*, ayant la même valeur que Séléné, la lune. » Tout le monde sait que la lune est aussi bien le symbole d'Astarté, la divinité phénicienne, que d'Isis, la divinité égyptienne. « Toutes choses étant en cet état, survint *Bélus*, qui coupa la femme en deux, et d'une moitié fit la terre et de l'autre le ciel. »

(2) Nous avons déjà, à propos de la tradition du déluge, cité un certain nombre de légendes australiennes et américaines où un oiseau joue un rôle. C'est l'Aigle ou le Faucon chez certaines peuplades d'Australie. Dans les légendes yakoutes interviennent un Faucon, une Corneille et une Sarcelle. La monstrueuse religion des Aztèques, qui, par sa férocité, dépassait celle de Carthage, avait des idoles à têtes d'oiseaux. On retrouve des traditions semblables au Pérou ; chez les Canaris on parle comme survivant du déluge d'un bel oiseau à figure de femme. Nous ne croyons pas pouvoir adopter

tions continentales. La tortue, notamment en Chine (1), joue un rôle de créateur ; en Afrique c'est l'Araignée, la Sauterelle, la Mante religieuse ; en Amérique, c'est le plus souvent le Rat musqué qui pêche le monde. On trouve d'ailleurs des transitions entre ces deux versions (2).

La diffusion d'idées semblables s'est donc produite à une époque très reculée de l'histoire ou plutôt de la préhistoire ; pendant des siècles, ces croyances ont persisté derrière les conceptions religieuses nouvelles ; aussi ne doit-on pas s'étonner de retrouver des traditions presque identiques chez les peuples les plus éloignés. M. Reinhold-Koeheler a réuni, par exemple, des formules sur le support du monde qui ont été trouvées dans les langues les plus diverses : latine, bretonne, provençale, anglaise, galloise, serbe et bulgare ; or, toutes arrivent à un Chêne, à un arbre planté au début des temps (3).

l'opinion suivante de M. Lang : « En raison du nombre considérable de divinités ornithomorphiques, qui se trouvent dans les légendes américaines et celles des autres peuples, il semble qu'il faille faire remonter l'origine des dieux-oiseaux de l'Australie à une *disposition particulière de l'imagination humaine !* »

(1) Dans les traditions indiennes, la tortue appuyée sur le serpent enroulé en cercle sert de support aux éléphants qui soutiennent le monde.

(2) M. de Charancey a notamment mis en lumière la version vogoule de l'origine du monde. Le fils d'un homme et d'une femme qui étaient suspendus sur les eaux reçoit la peau d'un Canard et celle d'une Oie : vêtu de ces peaux (comme Yehl de la peau d'un Corbeau ou Odin de celle d'un Faucon), il plonge et rapporte trois poignées de boue qui donne la terre. Chez les Bulgares, c'est Dieu qui fait pêcher à Satan revêtu de la peau d'un Plongeon la terre dans le lac de Tibériade ; en Galicie, ce sont trois Colombes qui pêchent la terre. Chez les Indiens de la Colombie, on trouve une légende analogue, mais ici c'est le Rat musqué qui va chercher sa nourriture au fond de l'eau et qui revient à la bouche chargée de boue ; rejetant cette boue, il forme une île, d'abord petite, qui grandit peu à peu en devenant le monde.

(3) Voici la formule latine : Qui sustinet cœlum ? Terra ; qui sustinet terram ? Aqua ; qui sustinet aquam ? Petra ; qui sustinet petram ? Quatuor animalia ; quare sunt illa quatuor animalia ? Ignis ; qui sustinet ignem ? Abyssus ; qui sustinet abyssum ? Arbor.

En Germanie et en Scandinavie, cet arbre se transforme dans le Frêne Yggdrasil, le plus beau et le plus grand des arbres, car ses racines s'étendent sur tout l'univers et vont jusqu'au ciel ; une de ces racines va jusqu'à la source Nilfheim ; ses eaux glacées enfantent le géant Ymir dont le cadavre Wedrlolmi forme le monde.

Au sommet de cet arbre se tient un aigle : il sait beaucoup de choses et entre ses yeux se tient l'épervier.

D'après une légende australienne, l'homme a été fait avec la gomme d'un acacia et est sorti d'un nœud de l'arbre. Il est alors entré dans le corps d'une jeune femme (Vénus identifiée à l'arbre) et est né d'elle.

Dans les divers vases sacrés cypriotes que nous venons de décrire, la plante divine se trouve entre deux taureaux dans un cas, entre deux divinités féminines dans l'autre. Cette manière de représenter la fécondation se retrouve chez les peuples les plus divers. M. Goblet d'Alviella, qui s'est livré à une étude approfondie de cette question, a signalé de pareils symboles en Chaldée, en Perse, en Lycie, en Égypte, en Phénicie, en Grèce, dans l'Inde, au Japon, à Java, en Chine. Il a retrouvé ces mêmes types d'ornementation dans les églises du Mans, de Marigny, dans le Calvados ; on les observe de même sur des objets de fabrication récente de Syrie et de l'Inde. « Étrange destinée de cet antique symbole, dit-il, qui, après avoir servi pendant des milliers d'années aux religions depuis longtemps éteintes de l'Asie Mineure, est venue échouer à l'extrémité occidentale de l'Europe. »

Fig. 154 et 155. — Symbole mexicain représentant deux personnages adorant un arbre sacré en haut duquel est perché un oiseau ; sa ramification est en forme de tau égyptien ; ses derniers rameaux se terminent en soleils (d'après M. Goblet d'Alviella). 2. Symbole indien représentant l'océan primordial dans lequel apparaît l'œuf du monde qui, en germant, donne l'arbre cosmologique à trois branches (trinité divine, Trimourti) qui se terminent par des soleils (d'après Creuzer et Guignaut).

On retrouve d'ailleurs en Amérique des arbres cosmologiques analogues et il est à noter qu'ils paraissent souvent résulter d'une transformation du symbole de la clef ansée ou du tau égyptien qui a été observé dans les pays au delà de l'Océan. La figure ci-jointe (*fig.* 154) d'un de ces objets provenant du Mexique permettra d'apprécier la disposition si caractéristique de tous ces dessins : l'arbre est placé entre deux personnages affrontés dont la tête est couverte de plumes. Un perroquet perché à la bifurcation des branches paraît rappeler l'oiseau que produit l'arbre dans la légende de Vénus.

Le séjour mystérieux de l'arbre divin qu'ont adoré presque tous les peuples, que quelques-uns plaçaient au fond de

l'Océan (1) est devenu pour plusieurs races et dans quelques traditions un jardin merveilleux ; certains livres indiens appellent Chorca (Sivarga) un lieu rempli d'arbres et de fruits. « On y voyait même un arbre dont les fruits avaient la vertu de donner l'immortalité. » Les dieux inférieurs s'avisèrent de l'acquérir « en mangeant de temps en temps du fruit de l'arbre, ils se conservèrent le précieux trésor qu'ils avaient tant d'intérêt à ne pas perdre. Mais un fameux serpent nommé Tcheia s'aperçut que l'arbre de vie avait été découvert » ; comme il en avait la garde, il en conçut une grande colère, répandit sur la terre son venin. « Pas un homme ne devait échapper aux atteintes de ce mortel poison. Mais le dieu Çiva eut pitié de la nature humaine; il parut sous la forme d'un homme et avala sans façon tout le venin (2). »

L'histoire du jardin des Hespérides, dont les pommes d'or sont gardées par des dragons, celle de l'arbre auquel est suspendue la toison d'or se rattachent évidemment au même cycle d'idées (3).

Les Chinois connaissent des traditions analogues. Lopi dit avec une naïveté sincère ou affectée qu'il y a un mont Kouenlun dont les vieillards ont entendu parler, « mais personne n'affirme y avoir été ». « Tout ce qu'on peut désirer se trouve sur cette montagne ; on y voit des arbres admirables. On l'appelle le jardin fermé et caché, le jardin suspendu. » — D'après Hoai-nan-wang, il est « auprès de la porte fermée du ciel. Les eaux dont il est arrosé sont la source jaune, la plus élevée et la plus riche de toutes ; elle s'appelle la fontaine d'immortalité ; celui qui en boit ne meurt pas. » Dans ces mythes, ce ne sont pas les arbres eux-mêmes qui engendrent la vie éternelle, mais la source qui coule à leurs pieds. D'autres auteurs chinois parlent, au contraire, d'une plante admirable qui supprime la mort.

(1) L'histoire de l'Atlantide effondrée au milieu de l'Océan paraît se rattacher à cet ordre d'idées (Donnelly).

(2) D'après Mgr Laouenan, Perséphone fut enchaîné à l'Hadès pour avoir goûté la mystique grenade du monde souterrain. — Aux îles Salomon, les Tonga avaient abandonné le pays d'immortalité pour un monde où régnait la mort; un autre de leurs dieux semble être une espèce de Poséidon (Hippocampe).

3) Les Gorgones, et particulièrement Méduse, sont en rapport avec le jardin des Hespérides.

En somme, comme l'a montré admirablement Darmsteter (mais seulement, il est vrai, pour les peuples aryens), on retrouve les mêmes idées au fond de presque toutes les cosmogonies. Le monde naît des eaux ; il naît de la nuit ; il naît d'un arbre. Mais comment naît cet arbre ? Probablement d'un œuf puisqu'il produit des oiseaux.

Les eaux étaient plongées dans la nuit sombre, disent les hymnes védiques, quand un germe d'or, la lumière, Agni, y apparut. Le « germe devient l'œuf d'or, resplendissant comme le soleil ». Dans les mystères de Dionysos, l'œuf était le symbole de l'Univers engendrant et contenant toutes choses dans son sein. Cette notion était d'ailleurs admise des Égyptiens qui représentaient Noum ou Khnoum, le fabricateur des dieux et des hommes, sous la forme d'un potier tenant sur le tour l'œuf merveilleux d'où la légende faisait sortir le genre humain et la nature entière. L'œuf du monde avait été pondu par le dieu Seb, dont le nom s'écrit avec les caractères de l'Oie glousseuse (*fig.* 156, 1) (1).

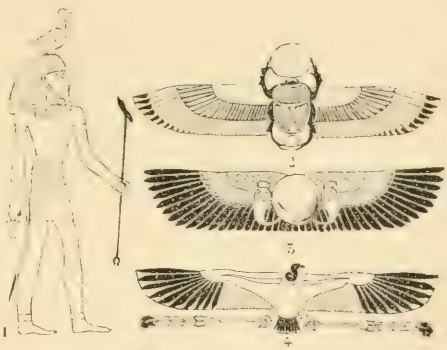


Fig. 156 à 159. — 1. Le dieu Seb, une des divinités primordiales de l'Égypte ancienne (d'après M. Pierret). 2. Scarabée sacré des Égyptiens dont les individus étaient supposés mâles. 3. Globe ailé orné de deux uræus (serpents). 4. Vautour sacré dont tous les individus étaient supposés femelles.

L'œuf en germant donne naissance à l'arbre, c'est ce que l'on voit notamment sur certains symboles indiens (*fig.* 155, p. 295), ou bien il engendre directement l'oiseau énigmatique. « J'ai chanté l'insondable loi du Chaos primordial et Kronos et l'illustre amour, à double forme, aux yeux de flamme, fils de la nuit éternelle, que plus tard les hommes ont appelé *Phanès*, parce que le premier il apparaît au regard » (2). Phanès, c'est

(1) D'après M. Pierret.
(2) Orphiques.

le Phénix (qui aurait donné, d'après Maury, son nom à la Phénicie), l'oiseau lumineux qui ne meurt pas, qui renaît de ses cendres, qui au début de son existence, dit Lactance, a l'aspect d'un petit *ver blanc*, ce qui évoque bien l'idée de l'Anatife.

On retrouve ailleurs des idées tout à fait semblables : à Rome, le Phénix devient l'oiseau incendiaire qui engendre le feu en haut des branches de l'arbre sacré ; en Égypte, c'est à l'oiseau appelé bennou ou vennou que nous avons affaire. « L'oiseau vennou, dit Chabas, l'une des formes mystérieuses d'Osiris, ne doit, ainsi que le soleil, sa naissance qu'à lui-même ; et, à ce titre, il figure dans les peintures des coffres funéraires comme un symbole de renouvellement continu des existences ». On l'y voit quelquefois représenté avec le corps d'un sphinx et la légende *Vennou Kheper-ljesef*, « le vennou qui se crée lui-même ». Ainsi que l'a pensé Brugsch, la fable antique du Phénix renaissant de ses propres cendres tire son origine du mythe mal compris du vennou égyptien. Ne peut-on pas dire avec plus de raison encore que le vennou n'est autre que l'Oie bernache, et qu'il se symbolisait en Égypte, comme le Scarabée (1), par le globe ailé qui orne les temples d'Égypte, de Carthage, de Phénicie, de Chaldée, de Perse et d'Asie Mineure.

« La nuit, dit Aristophane, enfanta un œuf sans germe, la nuit aux ailes noires, et, le temps roulant, germa et sortit Amour le désirable, faisant éclater sur ses épaules deux ailes d'or rapides comme les tourbillons de vent. »

La religion de l'âge de pierre. — L'immense extension que nous venons de constater pour les précédentes croyances, ayant évidemment un fond commun, peut s'expliquer par une propagation progressive à travers les continents et les mers dans le cours des âges ; cette transmission lente expliquerait très bien les déformations, les transformations souvent profondes qu'elles ont dû subir pendant leur évolution à travers

(1) Les Égyptiens croyaient que tous les Scarabées étaient mâles et qu'ils avaient la propriété d'engendrer seuls sans le secours d'une femelle ; aussi avaient-ils fait de cet animal le symbole de la génération divine qui doit rendre la vie au défunt, qui doit l'enfanter à la vie éternelle. Sur un même symbole qui est au Louvre, on trouve réunis le disque, orné de serpents, le corps du Scarabée à plusieurs bras (comme les divinités de l'Inde), l'homme à tête d'épervier.

le temps et l'espace. Dans cette conception, un point reste indéterminé : A quelle époque a dû se faire la diffusion de ces doctrines ? Si l'on tient compte de ce fait que nous avons trouvé déjà des traditions cosmologiques identiques dans l'ancienne Égypte, la Chaldée et la Chine préhistorique, il y a lieu d'en déduire que ce qu'il y a de commun dans ces idées a dû être imaginé à une période extrêmement reculée.

Il y a longtemps déjà, en 1861, que M. Frédéric Baudry, dans une étude remarquable sur les mythes se rapportant au feu et au breuvage céleste, signalait incidemment la tradition des arbres paradisiaques comme « témoignage d'une communication antéhistorique entre les Sémites et les Aryens, nous reportant à l'âge le plus reculé, avant la fixation des langues et des grammaires ». Cette opinion nous paraît s'appuyer sur un ensemble très solide d'arguments, avec cette addition fondamentale que cette remarque est vraie pour nombre de peuples sans relations avec les Aryens ou avec les Sémites (1).

Il semble donc vraisemblable d'admettre que c'est avant la vulgarisation du fer, à l'époque du bronze ou même peut-être antérieurement, pendant l'âge de la pierre polie, qu'a dû naître la religion primitive que nous avons cherché à démêler derrière les récits que nous venons d'exposer. La sauvagerie de la plupart de ces mythes, l'atrocité (2) et l'immoralité des rites qui les accompagnaient conduisent à penser qu'ils n'ont pu être inventés que par des barbares féroces et hallucinés.

Nous pouvons d'ailleurs relever un grand nombre de faits

(1) Il n'est pas admissible, à cause de la complexité de l'ensemble des théories cosmologiques et surtout de leur étrangeté, que l'esprit humain ait pu créer deux fois des idées aussi singulières que celles-ci : tout vient de l'Océan, l'homme a d'abord eu des membres de serpents, il y a un Chêne sous-marin qui engendre le monde, etc.

(2) Les sacrifices humains ont été partout pratiqués et ils sont en relation intime avec le culte des arbres et du serpent (d'après les belles recherches de M. Fergusson). Jusqu'à l'époque romaine, on a égorgé des victimes humaines en Grèce. L'usage de passer les enfants par le feu a existé en Palestine. Les hécatombes humaines des Carthaginois sont historiques et les anciens Mexicains qui leur ressemblaient tant immolaient jusqu'à 50.000 et 60.000 victimes dans un règne ou même, prétend-on, dans une série de fêtes. Les sacrifices d'enfants étaient surtout épouvantables : « On les enfermait, dit Brasseur de Bourbourg, dans une grotte obscure sans vivres, et on les laissait mourir de faim, de peur et de désespoir. »

qui conduisent à penser que ces traditions religieuses avaient été conservées depuis l'époque où l'homme ne savait pas encore tailler la pierre.

Le culte des pierres, des cippes était très anciennement répandu ; il a existé chez les Sémites nomades primitifs, l'histoire de Jacob en est une preuve décisive. « Jacob se leva de bon matin et prit la pierre dont il avait fait son chevet ; il la dressa pour monument ; et il versa de l'huile sur son sommet. Il donna à ce lieu le nom de Beth-el (maison de Dieu). » Jacob fit un vœu en disant : « Si Dieu est avec moi et me garde pendant ce long voyage, alors cette pierre que j'ai dressée pour monument sera la maison de Dieu. »

Cette pierre de Beth-el a été longtemps, en effet, un lieu sacré pour les juifs.

A Guilgal, près de Jéricho, il y avait, selon M. Perrot, un groupe de douze pierres levées qui fut, lui aussi, un centre religieux où se célébrait un culte très antique et très populaire. La pierre brute était donc en honneur à quelques lieues de Jérusalem dans ce que l'on pouvait appeler les sanctuaires de la campagne, dans ceux qui représentaient le mieux la tradition nationale.

La pierre qui n'avait pas été travaillée avec le fer passait autrefois pour être plus agréable à Jahvé que la pierre taillée ; aussi lit-on dans l'Exode : « Tu ne feras point d'image taillée ; » et ailleurs : « Si vous voulez faire un autel de pierres, vous ne le construirez pas en pierres taillées, *car, en y portant le fer, vous le profaneriez.* »

On ne peut pas trouver une survivance plus caractérisée de l'âge de pierre : la découverte du moyen de fabriquer des armes de fer a dû paraître une invention perverse au début de la période nouvelle, et les pasteurs primitifs devaient penser que les instruments fabriqués avec ce métal ne pouvaient plaire aux anciennes divinités.

Comme confirmation de ces textes, on a trouvé en Palestine et particulièrement aux environs de Jérusalem un certain nombre de monuments mégalithiques. Les dolmens, les pierres levées, les menhirs, les monceaux de pierres abondent dans cette région et en Arabie. Encore à l'heure actuelle, les Arabes qui passent devant ces accumulations de cailloux se dérangent pour aller y déposer une pierre (1). La pierre noire de La

1) D'après M. Perrot.

Mecque, la Kaaba (peut-être un aérolithe), est d'ailleurs l'antique témoin d'un culte que Mahomet a été obligé de respecter (1).

Chez presque tous les peuples primitifs ou sauvages (2), la vénération des pierres a existé ou subsiste encore. Pausanias a retrouvé dans la période romaine, par conséquent très éloignée des temps primitifs, dans un grand nombre de temples de la Grèce, des survivances de la religion des pierres : de grossiers fétiches se trouvaient encore à côté ou au-dessous des plus belles statues des dieux (3).

Un autre fait très suggestif est celui qui se rapporte aux plus anciens temples de Cybèle en Asie Mineure ; on avait d'abord adoré cette déesse dans des cavernes. C'est sur ce modèle qu'étaient d'ailleurs disposés les premiers temples de la Grèce et de Perse. Ces antres, qui étaient les repaires du sauvage primitif, inspiraient par leur antiquité même le plus grand respect (4).

(1) Le croissant de l'étendard du prophète est probablement le symbole d'Astarté.

(2) Chez les Zoulous, il y a une tradition qui fait naître l'homme d'une pierre qui rappelle le mot d'Homère : « les hommes nés de la pierre ou du Chêne ». Le mythe du rocher qui devient la mère des enfants de Zeus rappelle le silex fécond de la légende aztèque et les excentricités des traditions iroquoises. Aux îles Salomon, Qasavara est une pierre à laquelle on offre des sacrifices.

Les Chinois révéraient l'émeraude qui était aussi en honneur chez les anciens Incas, au Pérou (dans le grand temple de Pachacamac). Au Guatémala, on adorait une merveilleuse obsidienne primordiale. Chez les Aztèques, la déesse Citlalicue donne naissance à un couteau de silex, qu'elle lance sur la terre ; de ce couteau naissent des êtres surnaturels. On a retrouvé des pierres fétiches chez les Hottentots (1691, d'après Witsen) qu'ils barbouillaient avec de la terre rouge comme les images de Dionysos en Grèce.

(3) C'est ce qui s'observait pour l'Apollon de Délos. Pausanias vit en Achaïe une trentaine de pierres carrées portant le nom du dieu. La pierre que Kronos avait avalée, à la place de Zeus, était honorée à Delphes ; on l'entourait de laine pour rappeler les langes qui avaient servi à Rhea à envelopper la pierre qu'elle présenta à Kronos qui voulait dévorer ses enfants ; on avait l'habitude de l'oindre d'huile comme Jacob oignait la cippe de Beth-el.

D'après Maury, à Pessinunte, le simulacre de Cybèle était une pierre. Il en est de même d'Atys. Les plus anciens simulacres du dieu Men (ou Lune) des Phrygiens étaient de simples pierres surmontées d'un croissant.

Il y avait des pierres sacrées à Trezène ; les Mégariens adoraient Apollon sous forme d'une pierre grossièrement taillée en pyramide.

(4) « Dans les temps les plus reculés, dit Porphyre, on consacra aux dieux des grottes et des antres, avant même qu'on eût imaginé de

Ce n'est d'ailleurs pas seulement dans le culte de la Grèce qu'on trouve des souvenirs de l'époque où l'homme se cachait dans les grottes naturelles. Dans les légendes mexicaines, il est question fréquemment de personnages mystérieux qui sortent des sept cavernes. N'est-on pas d'ailleurs tenté de voir dans l'histoire de certains prophètes un retour à la vie primitive : Élie habitait une caverne et était vêtu de peaux de bêtes ; c'est la tendance commune à la plupart des réformateurs religieux de vouloir retourner aux traditions les plus anciennes (1).

La vénération des mœurs primitives ne se manifestait pas seulement pour les demeures de nos sauvages ancêtres, mais aussi pour leurs armes. Les haches de silex qui leur servaient dans les combats ont été très tardivement l'objet d'un culte. L'emploi des instruments de pierre s'est longtemps conservé dans les sacrifices. Les embaumeurs égyptiens employaient des silex, et l'opération de la circoncision se pratiquait en Égypte et en Judée avec un couteau de pierre. Chez les Hottentots, on utilisait encore un pareil instrument il y a deux siècles. Enfin, dans un mythe mélanésien, une divinité appelée Qat fend avec un couteau d'obsidienne le corps de la Nuit pour que l'Aurore puisse en sortir.

Depuis un demi-siècle, on sait qu'une multitude de pierres taillées ont été découvertes par les anthropologistes ; des trouvailles analogues avaient été faites par les anciens, et on conçoit qu'ils aient été très frappés de constater que ces silex pussent servir de couteaux. Le nom de pierre de tonnerre qu'ils leur donnaient indique peut-être une convergence vers les mythes du feu et montre, en tous cas, que leur rencontre avait dû frapper beaucoup leur imagination.

Ce n'était d'ailleurs pas la seule surprise qu'éprouvaient ces

leur élever des temples. C'est ce que firent les Curites pour Jupiter dans l'île de Crète. Il en fut de même dans l'Arcadie pour Séléné (la Lune) et pour Pan lycéen ; dans l'île de Naxos pour Bacchus ; et partout où l'on connut le culte de Mithra, ce Dieu fut adoré dans des grottes. » On connaît aussi les temples souterrains de l'ancienne Égypte (Ipsam boul) et de l'Inde (Bhaja, Karli, Ajunta, etc.).

(1) Chez une peuplade de l'Amérique, les Zunis, les premiers hommes habitent dans une caverne ; ils tombent sur la terre armés d'un magique couteau de silex, à l'aide duquel ils coupent la terre ; la terre mouillée est bientôt séchée et ils changent les bêtes monstrueuses en pierres.

anciens observateurs en fouillant le sol. Ils avaient certes dû remarquer, à maintes reprises, des animaux fossiles (dont l'homme préhistorique se faisait des colliers). Ces pétrifications ont pu être regardées comme des ébauches d'êtres vivants et l'on devait les attribuer au grand ouvrier qui, en travaillant l'argile, n'était pas arrivé, dans ses essais, à toute la perfection désirable. Les barbares, qui regardaient le Poulpe comme un homme manqué, ont très bien pu croire qu'un fossile était une tentative analogue de la force créatrice (1).

Zeus, après le déluge, ordonne à Prométhée et à Athéné de faire des figures d'hommes avec de l'argile, et les vents y soufflent la vie. Dans les légendes Quichées (2) relatées dans le Popol Vuh, il est question d'hommes de terre glaise qui ne remuaient point la tête, qui avaient le don de la parole, mais point d'intelligence; ces êtres imparfaits, ébauches ne satisfaisant pas la divinité, ne tardèrent pas à périr (3).

Les rapprochements que nous venons de faire entre le souvenir de la destruction des êtres et de la création de l'humanité à l'aide de l'argile ou de la pierre sont d'ailleurs bien connus, et la légende du déluge de Deukalion est là pour le prouver. On trouve dans les légendes aléoutes une tradition identique : un grand vieillard y crée les hommes, comme Deukalion, en jetant des pierres par-dessus son épaule.

Les convergences que nous venons de mentionner entre le culte des pierres et le déluge nous amènent à penser que ce culte doit être associé à celui de la génération, c'est-à-dire d'Astarté ou de Vénus. Dans les sanctuaires cypriotes, cette déesse n'est pas toujours « représentée sous la figure humaine, dit Tacite, c'est un bloc circulaire qui, s'élevant en cône, diminue graduellement de la base au sommet. La raison de cette pierre est ignorée ».

A la porte du temple d'Hiérapolis, où était adorée Sémiramis-Derceto, dont le culte était lié à l'histoire du déluge, se trouvaient érigés deux organes ithyphalliques (4). En Sardaigne,

(1) Les Ammonites sont adorées par les Indiens (Louvre).

(2) Amérique centrale.

(3) A la troisième création, l'homme est tiré d'un arbre tzité et la femme de la moelle d'un petit jonc, et ils périssent emportés par les eaux.

(4) Selon M. Perrot.

à Collorgues (Muséum de Paris), où les pierres levées sont très communes, on voit quelquefois des dessins du Linga sur elles.

L'association du culte des pierres à celui de Vénus et aux traditions diluviennes ne doit donc pas nous étonner. La religion qui se pratiquait sur des dolmens et les pierres levées a été autrefois associée au culte du Poulpe. Ceci se trouve confirmé par une découverte très importante faite dans un dolmen de la Marne où on a trouvé, comme on peut s'en assurer sur la figure ci-jointe (*fig.* 160) extraite de l'ouvrage de M. Cartailhac sur la *France préhistorique* (1), une représentation d'une divinité féminine qui est tout à fait identique à celle qu'on observe sur les vases mycéniens. C'est la même figure de chouette correspondant à la tête du Poulpe, la bouche manque, les bras sont absents, un collier orne cette figure comme dans les dessins qui ont été déjà représentés par nous dans notre autre ouvrage. On a retrouvé dans le Gard, à Collorgues (Galerie de paléontologie, Muséum de Paris), des figures de chouette analogues que l'on regarde également comme une antique déesse.

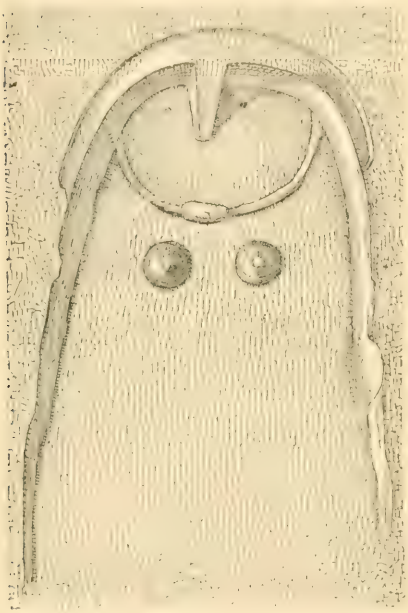


Fig. 160. — Divinité féminine trouvée dans la Marne dans une grotte sépulcrale en rapport avec un monument mégalithique (d'après M. Cartailhac). Figure extraite de l'ouvrage de M. Cartailhac, p. 272, fig. 165, *la France préhistorique*.

La découverte d'une pareille divinité sur des monuments mégalithiques offre un très grand intérêt si l'on tient compte

(1) Bibliothèque scient. internat. (Alcan).

d'une part des résultats généraux qui ont été établis dans ce qui précède et si l'on se rappelle que l'on a trouvé des dolmens partout à la surface du globe : dans l'Inde, dans l'Afrique septentrionale aussi bien qu'en Amérique, au Pérou.

Une telle dispersion n'étonnera pas ceux qui connaissent la diffusion du symbole crucial que l'on a découvert avec étonnement sur le manteau du réformateur divin du Mexique, Quetzalcoatl, dont on a signalé des formes sur plusieurs ruines celtiques des îles britanniques, comme le grand temple de Classerniss, aux Hébrides, comme la galerie du cimetière de New-Grange, en Irlande, et que l'on retrouve partout

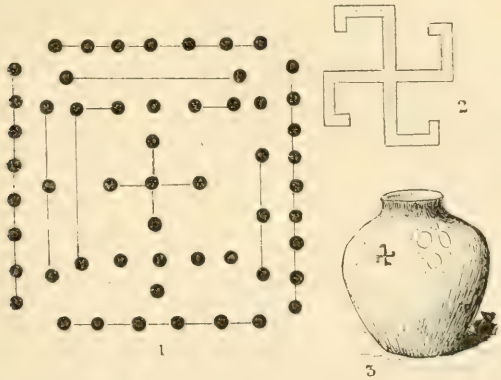


Fig. 161 à 163. — Symbole crucial observé dans un temple de la Chine (d'après Prémare). — 2. Croix gammée ou Svastika des Indiens, symbole du cœur de Bouddha. — 3. Vase danois orné de la croix gammée, remontant à l'époque préhistorique.

depuis la Chine jusqu'au Pérou, depuis les terramares de l'Emilie (âge de bronze) jusque parmi les débris des habitations lacustres du lac du Bourget (1).

(1) Le bâton des augures à Rome était surmonté d'une croix; à Pompéia, Vénus est représentée par une croix et un cercle, Saturne par une croix et un croissant. L'on a trouvé ce symbole dans le temple de Sérapis, à Alexandrie. Dans l'Inde, le temple d'Elephanta est construit sur ce plan. En tartare, Lama veut dire croix; le svastika est d'ailleurs le symbole du cœur du Bouddha et est gravé sur sa poitrine. On retrouve un signe semblable dans les îles du Pacifique : les naturels des îles Gambier se tatouaient de croix; lors de la découverte des îles Mulgrave, les naturels portaient des croix. — Au Yucatan, il

Il peut paraître très singulier d'être conduit à admettre que l'Amérique ait été peuplée à une période très reculée par des barbares qui avaient une foi religieuse analogue à celle des peuples mycéniens. Cette opinion acquiert cependant quelque vraisemblance par la considération des vases sacrés qui ont été rencontrés au Pérou et dans l'Amérique centrale. La similitude qu'ils présentent avec les vases cypriotes est vraiment singulière ; ce sont les mêmes motifs ornementaux, les mêmes compartiments rectangulaires, les mêmes rosaces. Ce sont, dit M. Perrot, « les mêmes vases accolés par le ventre ou le goulot dont la conformation illogique fait songer à celle de ces êtres que les naturalistes appellent des monstres » (*fig.* 164). La considération des statuettes représentant les divinités féminines paraît d'ailleurs confirmer ces ressemblances : on a découvert au Pérou des déesses dont les mains croisées sur la poitrine rappellent tout à fait celles qui ont été trouvées en Phénicie et dans le bassin de la Méditerranée. On y retrouve les vases ornés de figures de chouette dépourvues de bouche (*fig.* 166). Nous avons

Fig. 164 à 166. — Vases sacrés retrouvés au Pérou ; leurs formes rappellent les vases mycéniens. — 2. Vase orné d'une tête et entouré de serpents rappelant la tête de Méduse. — 3. Vase à figure de chouette sans bouche ; *o*, œil, *p*, nez (Musée du Trocadéro) (collect. Wiener).

existait au moment de la conquête espagnole de larges croix de bois et de pierre ; les coupables étaient enfermés dans des croix de métal où on les chauffait. Les chambres souterraines du palais de Mitlan étaient disposées en forme de croix, etc.

même cru observer sur certains vases la représentation symbolique de la tête de Méduse ou de l'Argonaute avec ses bras enroulés en crosse (*fig.* 165) (1). On voit enfin, sur certains monuments mexicains représentant le déluge, — trouvés dès le début de la conquête espagnole (*Codex vaticanus*), avant par conséquent que l'influence du christianisme ne se soit fait sentir, — au milieu de l'Océan destructeur, des sortes de poissons réduits à des têtes d'hommes, qui paraissent rappeler le Poulpe, ébauche d'humanité.

Au terme de cette dissertation, nous voyons à quelles conclusions inattendues nous arrivons, conclusions qui se relient d'ailleurs à ce qui a été dit dans le cours de l'ouvrage. Un grand cataclysme diluvien a été connu de toute l'humanité primitive, ce qui paraît en justifier la réalité, manière de voir s'accordant avec la théorie des effondrements des géologues modernes, théorie qui nous fait entrevoir la possibilité de deux types de transformations des êtres : l'évolution lente et l'évolution brusque qui n'est pas sans se rapprocher beaucoup de ce que l'on a appelé autrefois création. Naudin inclinait vers cette idée que la métamorphose des êtres avait été très active, puis qu'elle s'était ralentie depuis longtemps. Ces nouvelles hypothèses scientifiques reproduisent, en somme, de très anciennes conceptions religieuses qui paraissent avoir d'ailleurs leur origine dans le souvenir du déluge. C'est, en effet, de l'épouvante éprouvée par l'homme à

(1) Nous avons une connaissance très incomplète de la religion des Mexicains; par sa cruauté, par ses fêtes orgiatiques, elle rappelait celles de Carthage et de Chypre. Les renseignements que nous possédons laissent entrevoir le rôle important que jouait « Ce Acatalt », c'est-à-dire une canne. On retrouve les symboles que nous avons déjà rencontrés, la croix, la main (comme sur les temples de Carthage), les pierres sacrées. Le magnifique développement des civilisations de l'Amérique centrale, les immenses pyramides qui rappellent celles de l'Égypte, la pratique de la circoncision, celle de la couvade semblent indiquer qu'il a pu s'établir autrefois des relations entre le bassin de la Méditerranée et le Nouveau Monde. On sait d'ailleurs qu'une expédition égyptienne, sous Néchao II, vers l'an 600, était partie de la mer Rouge et était revenue par la Méditerranée.

la suite de cette grande invasion des eaux qu'est sorti un culte primordial qui a été propagé sur toute la terre par les constructeurs de dolmens de l'âge de pierre. La mer, cause de la grande catastrophe, a été adorée avec effroi et toutes les manifestations de la vie pélagique ont été recueillies avec une attention aussi pieuse qu'inquiète. L'observation passionnée des phénomènes dont l'Océan est le théâtre a fait germer dans l'esprit de quelques penseurs une théorie de la genèse du monde d'après laquelle il y avait au fond de l'abîme un arbre produisant des êtres vivants. Le culte des arbres, grâce à cette conception, est devenu universel ; les croyances qui s'y rattachent n'ont d'ailleurs pas tardé à être intimement liées aux mythes relatifs à la découverte du feu qui primitivement était obtenu par la friction de deux morceaux de bois.

A partir de ce moment, la flamme sacrée, l'étincelle de vie n'a plus été engendrée qu'à l'aide de deux plantes nées l'une sur l'autre comme l'Anatife était né sur le Chêne marin : les espèces parasites, épiphytes ou grimpantes de la flore tropicale furent l'objet d'études attentives ; ainsi naquit le culte du Figuier (épiphyte), du Soma (*Sarcotemma*), de la Vigne et du Lierre (plantes grimpantes), puis celui du Gui (parasite). (Voir p. 34, 38, 95, 142, 161, 162, 237).

L'apparition de ce dernier végétal sur un Chêne parut aussi merveilleuse que celle de l'oiseau sur les rameaux de l'arbre aquatique, on savait d'ailleurs que c'était un animal ailé mystérieux qui déposait le parasite sur son hôte. Mais la plante restait toujours la grande énigme et, parmi les théories imaginées pour éclaircir cette question, celle d'Empédocle est une des plus remarquables. Cette conception n'est pas sans quelque parenté avec les idées modernes de l'évolution, car elle conduisait à admettre que les premiers hommes ou les premiers rois étaient aquatiques, qu'ils avaient une tête humaine et des corps de serpents, que notre espèce s'était modifiée dans le cours des siècles. Nous dirions aujourd'hui qu'ils croyaient que le *Poulpe était l'ancêtre de l'homme* (Grèce, Chine, Inde).

« La succession des créations et des âges du monde, dit Renan, cette idée que le monde a un devenir, une histoire, où chaque état sort de l'état antérieur », a été de « la science à son jour ». « Le vieil esprit babylonien y vit encore. » « La simplicité

du récit biblique, ajoute-t-il, l'horreur exagérée qu'on y remarque pour les grands chiffres ont masqué le puissant esprit évolutionniste qui en fait le fond; *mais le génie des Darwins inconnus que Babylone a possédés il y a 4.000 ans* s'y reconnaît toujours (1). »

Les frayeurs du barbare primitif à la suite du grand désastre se calmèrent peu à peu, mais il resta dans ses croyances ce que M. Max Müller appelle « l'élément sot, dénué de sens et sauvage » ; en réalité, les fils des premiers grands penseurs devinrent incapables de comprendre les idées de leurs pères, car ils n'observaient plus la nature et chaque jour ils s'éloignaient davantage d'elle. Ils inventèrent, pour expliquer les conceptions qu'ils ne saisissaient plus, des mythes qui reflètent l'atrocité et l'immoralité de leurs mœurs. Leurs descendants ont cependant longtemps conservé avec un zèle pieux les fables étranges de leurs ancêtres, mais l'incompatibilité de la civilisation avec les cultes anciens qui opprimaient la pensée humaine devint un jour évidente ; cette antinomie s'était d'ailleurs révélée dès les premiers jours à un peuple élu que ses malheurs avaient particulièrement doué pour la vie morale. La férocité et l'ignominie de certains rites, l'invraisemblance et la folie de certains dogmes finirent par révolter quelques âmes pures ou quelques hautes intelligences : philosophes ou réformateurs religieux, ces nobles esprits payèrent de leur vie l'audace de leurs paroles. Leurs noms seront à jamais conservés dans la mémoire des hommes, car ce sont les vrais bienfaiteurs de l'humanité. Les vérités religieuses et

(1) « Tous les mythes, dit M. Lang, flottent entre la théorie de la construction et celle de l'évolution, très grossièrement conçue. » Beaucoup de mythes enseignent que l'homme descend de l'un ou de l'autre des animaux. Les Indiens Diggers (Californie), si sauvages qu'ils se nourrissent d'insectes, croient que les hommes se formèrent par une lente transformation : ils marchèrent d'abord à quatre pattes ; les caractères de l'homme apparurent, il prit l'habitude de se tenir debout et perdit la queue qu'il possédait et qu'il y a lieu de regretter, selon ces Indiens (Schooiscraft). Dans la mythologie indienne, la succession des avatars de Vichnou est particulièrement suggestive : il s'incarne d'abord dans un poisson, lors de la création, animal aquatique ; puis dans une tortue, être amphibie ; plus tard dans un sanglier, animal terrestre ; ensuite dans Rama ou plutôt dans Hanumant, qui est un singe ; enfin dans Crichna, qui est un homme, le divin enfant de la Vierge. Chez les anciens Égyptiens, quatre urnes sacrées accompagnant la momie étaient placées toujours dans le même ordre ; les couvercles qui les ferment

morales qu'ils ont su lui conquérir au prix de leur sang constitueront toujours le plus précieux trésor de notre espèce.

sont toujours les mêmes : une tête d'oiseau, une tête de chacal ou de chien, une tête de singe et une tête d'homme. On trouve sur le zodiaque d'Edfou des transitions de l'homme au serpent. On y observe également des membres isolés d'animaux.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES

INTRODUCTION. — La Terre de Feu. — Le pays de l'éternel été. — Souvenir de l'âge d'or. — Marche de la civilisation. — Intérêt philosophique de ces études. 1

CHAPITRE PREMIER. Premières sensations de forêt vierge. — Impressions de Darwin, d'Agassiz. — Stanley et la grande sylve africaine. — Le culte des arbres. — Description de la forêt vierge. — Végétation arborescente. — Les lianes. — Les épiphytes. — Les parasites. — Les saprophytes. — La lutte pour la vie. — Les plantes et les fourmis. — La Mangrove. — La flore des îles. — La théorie des effondrements de Süss. — La colonisation à Java. 5

CHAPITRE II. Climat équatorial. — Cas de Java. — Température. — Orage journalier. — Pluies. — Essai d'explication des saisons sèches et humides. — Les vents alizés. — Cas du Brésil, Lagoa-Santa. 17

PREMIÈRE PARTIE

ORIGINE DE LA FORÊT

CHAPITRE III. Les arbres et leur architecture. — Causes de la production d'un arbre. — Observations de M. Kraus sur les Bambous. — Arbres géants. — Végétation arborescente des îles. — Les variations du genre *Polygala*. — Architecture des arbres. — Arbre parasol. — Arbre candélabre. — Les racines tablettes. — Le Figuier des pagodes ; son rôle religieux. 25

CHAPITRE IV. Le feuillage. — La réflexion de la lumière. — Caractères anatomiques des feuilles. — Stomates. — Hydathodes. — Influence des averses. — Expériences de M. Wiesner. — Adaptation à la pluie. 39

CHAPITRE V. Épanouissement des bourgeons. Périodicité. Les bourgeons qui se déversent. — Les feuillages pendants. Les teintes du paysage. — Périodicité végétative. — La chute des feuilles. — Les bois arides du Brésil. — Les arbres du Chili. — Le sous-bois. — Les herbes géantes. — Les cultures : Caféier, le Jardin botanique de Buitenzorg . . . 47

CHAPITRE VI. Fleurs et fruits. — Désillusion du voyageur. — Pourquoi les fleurs frappent peu les yeux. — Cauliflorie. — Fruits. — L'arbre à pain, son importance, ses variations. — Autres types de fruits tropicaux. — Culture du riz. — La politique des Hollandais à Java. — La destruction de la forêt vierge. 60

CHAPITRE VII. La forêt tropicale pendant les périodes géologiques. — Flore houillère. — Origine des caractères des plantes qui la forment. — La flore secondaire. — Les temps tertiaires. — Les tourbières. — Familles entièrement arborescentes. — Conclusions. 73

DEUXIÈME PARTIE

LES LIANES

CHAPITRE VIII. Origine et caractères généraux des lianes. — Conditions de développement des lianes. — Comparaison avec les plantes étiolées. — Rôle de la lumière. — Actions mécaniques. — Influence des torsions. — Les escaliers de singes. — Origine expérimentale d'un caractère héréditaire. — Les races à tige tordue de M. de Vries. . . . 83

CHAPITRE IX. Anomalies des lianes. — Grande portée de cette étude; ses difficultés. — Différenciation progressive de la structure. — Expériences de M. Schenck; la dislocation du bois. — Explication des diverses anomalies. — Cas des Serjania; les caractères acquis deviennent héréditaires : preuve décisive. — Convergences. 99

CHAPITRE X. Plantes étayées. — Plantes a crampons. — Plantes volubiles. — Les premiers stades de l'adaptation. — Palmiers et Bambous grimpants. — Dimorphisme foliaire. — Effets de l'étiolement. — Variations de la volubilité. — Torsions. 110

CHAPITRE XI. Les Vrilles. — Intervention de la sensibilité. — Conditions qui provoquent sa manifestation. — Vrilles caulinaires, à ressorts, filamenteuses. — Disques adhésifs caulinaires. — Vrilles foliaires, disques foliaires. — Transformations singulières des Cucurbitacées. — Caractères physiologiques. — Évolution de la vie grimpante dans quelques groupes de végétaux 121

TROISIÈME PARTIE

LES ÉPIPHYTES

CHAPITRE XII. Généralités sur l'épiphytisme. — Comment les épiphytes peuvent prendre naissance. Transport des graines ou des fruits sur les arbres. — Distribution des épiphytes. Semences légères. Graines pourvues d'un appareil de vol. Fruits charnus. — Germination. — Fixation. — Nutrition. — Plantes des brouillards. — Epiphytes à terreau. Une Orchidée gigantesque. 135

CHAPITRE XIII. Les plantes de la couronne des arbres. — La couronne de la forêt, plantes qui s'y trouvent. Dangers que courent ces plantes. Réserves d'eau. Voile. — Quelques cas de métamorphoses extraordinaires. Aeranthus : plantes réduites à des racines. — Les Tillandsia de l'Amérique du Sud. — Les urnes des Dischidia. — Origine des Orchidées. . . . 148

QUATRIÈME PARTIE

LES PARASITES

CHAPITRE XIV. Généralités sur le parasitisme. Les épiphytoides. — Définition. Un arbre parasite. Histoire de la découverte du parasitisme. — Variabilité du parasitisme ; faits qui la prouvent. — Hôtes préférés. Variations avec les localités. — Choix de l'hôte, ses causes. Organes attaqués. — Division des plantes parasites. — Épiphytoïdes. — Transport sur l'arbre. Rôle des Grives. Proverbes anciens. Constitution de l'embryon, son atrophie. — Germination. Action de la lumière ; Dutrochet et M. Wiesner. — Suçoirs. Roses de Palo. Passages aux lianoïdes. — Parasitisme d'eau. 159

CHAPITRE XV. Parasites lianoides. — La Cuscute. Une plantule sans feuilles. Atrophie de la racine. Irritabilité. Comparaison avec les vrilles et les plantes volubiles. — Difficulté de l'existence au début. Sensibilité au contact. — Conditions de formation des suçoirs. Irritabilité mécanique. — Irritabilité nutritive. — La chlorophylle, variations de son développement. — Importantes conséquences 175

CHAPITRE XVI. Parasites épirhizoides. — Plantes à chlorophylle. — Orobanches. — Phanérogames-champignons. — Plantes réduites à des fleurs. Fleurs de 1 mètre. — Les parasites subissent-ils l'action des conditions de vie ? Greffe. Expériences de M. Strasburger. — Le parasitisme chez les animaux, ses effets. 185

CHAPITRE XVII. Action du parasitisme sur la fleur. — Races nouvelles obtenues par greffe. Hybrides de greffe. Races de rouille. — Cas des fleurs des parasites. Méthode à employer : anatomie comparée. — Trois types d'ovules. — Atrophie de l'embryon. — Atrophie de la graine et de l'ovule. — Atrophie de l'ovule et de l'embryon. — Classification des Phanérogames. Comment a dû se faire l'évolution. Il n'y a pas toujours progrès. Conséquences. Êtres dégradés. Conclusions. Convergences. 194

CINQUIÈME PARTIE

LA SYMBIOSE

CHAPITRE XVIII. Les saprophytes. — Végétation dans les parties basses et obscures de la forêt. — Les Mycorhizes. Histoire de la découverte de la symbiose d'une racine et d'un Champignon. Importance des saprophytes. Barbe du diable. Habitat. — Production de la chlorophylle. — Variabilité. — Passages à la nutrition normale, hémisaprophytes. — Passages aux parasites, aux lianes, aux arbres. — Autres adaptations. Racines coralloïdes. Nids d'oiseaux. — Structure. — Adaptations florales. — Nécessité d'un grand nombre de graines. Atrophie de l'embryon. — Une Gentianée dégradée par le saprophytisme, Voyria. — Cas des Orchidées. 207

CHAPITRE XIX. Rôle des fourmis sous les tropiques. — Relations des animaux et des plantes. Les coupeuses de feuilles ; la forêt saccagée. Fourmis-champignonnistes. — Les plantes respectées par les fourmis dévastatrices : Défense des arbres par d'autres espèces de fourmis. — Faits regardés comme des adaptations. — Objection. — Importance de certains animaux dans l'évolution des plantes. Les insectes et les îles. — Rôle des colibris dans la flore tropicale 228

SIXIÈME PARTIE

INFLUENCE DE LA MER

CHAPITRE XX. La Mangrove. — Fixation du végétal. — Comment ce problème est résolu. Influence mécanique des vagues. — Ressemblances avec les plantes du désert. Pourquoi ? Influence du sel. — La vie dans la vase. Racines asperges. Racines genouillées. — Comparaison avec la flore des montagnes. — Origine de la viviparité chez les plantes. Convergences dans les familles éloignées. Mode de nutrition de l'embryon. — Résistance des graines à l'action de l'eau de mer. — Aire immense de la flore des palétuviers. Transport par les courants. Importance pour la géographie botanique. . 239

CHAPITRE XXI. La Flore des îles. — Les recherches de M. Wallace. Propagation par l'homme. Destruction de la végétation de Sainte-Hélène. — Transport par les oiseaux et le vent à l'heure actuelle. — Conséquences pour les temps passés. Variations de l'aire d'une espèce. — Intérêt de l'étude de la flore des îles. — Darwin aux Galapagos. Variations dans un archipel. — Affinités éloignées. — Sainte-Hélène, les îles Sandwich. — Utilité de la considération des animaux : îles océaniques, îles continentales, îles-continents. Madagascar. Les migrations des Lémuriens. — Affinités avec l'Amérique. L'effondrement d'un continent au nord de l'Atlantique. Opinion de M. Süss sur les cataclysmes. — Les actions lentes, les actions brusques. 253

CHAPITRE XXII. Le dernier cataclysme terrestre et la religion primitive de l'humanité.

Les traditions du déluge. Récit chaldéen, extension de la formule de Thalès. La déesse syrienne. La tradition du déluge dans l'antiquité. 266

Le culte de la mer. L'Oie bernache. — Hypothèses d'Anaximandre sur l'origine de l'homme. — Oannès, Manou. — Les ivoires japonais et le Poulpe. Méduse. — La religion chinoise primitive. Empédocle, le Poulpe ébauche de l'homme. 274

Le culte de l'arbre de vie. Le culte des arbres. — Les vases de Chypre. L'arbre d'ambroisie, découverte des liqueurs fermentées. — L'arbre d'immortalité. — Fécondation de l'arbre sous-marin. — Diffusion de ces idées. — La légende de l'œuf d'or. Le Phénix. Le Scarabée sacré. 284

La religion de l'âge de pierre. — Le culte des pierres. — Culte des cavernes du silex. — Convergences vers l'histoire du déluge et le culte de Vénus. — Divinités féminines de l'époque mégalithique. — Extension du symbole de la croix. — Conclusion. 298

Tours, Imp. E. Arrault et Cie. — 18-12-8

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie
FÉLIX ALCAN, Éditeur

PHILOSOPHIE — HISTOIRE

CATALOGUE
DES
Livres de Fonds

	Pages.
BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE.	
Format in-12	2
Format in-8	5
COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES	9
Philosophie ancienne	9
Philosophie moderne	9
Philosophie écossaise	10
Philosophie allemande	10
Philosophie anglaise contemporaine	11
Philosophie allemande contemporaine	11
Philosophie italienne contemporaine	11
LES GRANDS PHILOSOPHES	11
BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE DES SCIENCES SOCIALES	12
BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE	13
BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE ET POLITIQUE	15
BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE PARIS	16
TRAVAUX DES FACULTÉS DE LILLE	16
ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON	16
PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES	16
RECUEIL DES INSTRUCTIONS DIPLOMATIQUES	17
INVENTAIRE ANALYTIQUE DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES	17
REVUE PHILOSOPHIQUE	18
REVUE HISTORIQUE	18
ANNALES DES SCIENCES POLITIQUES	19
REVUE MENSUELLE DE L'ÉCOLE D'ANTHROPOLOGIE	19
ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES	19
BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE	20
Par ordre d'apparition	20
Par ordre de matières	23
RÉCENTES PUBLICATIONS NE SE TROUVANT PAS DANS LES COLLECTIONS PRÉCÉDENTES	26
BIBLIOTHÈQUE UTILE	31

On peut se procurer tous les ouvrages qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires de France et de l'Étranger.

On peut également les recevoir franco *par la poste, sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande des* TIMBRES-POSTE FRANÇAIS *ou un* MANDAT *sur Paris.*

PARIS
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108
Au coin de la rue Hautefeuille

NOVEMBRE 1898

Les titres précédés d'un *astérisque* sont recommandés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des élèves et des professeurs et pour les distributions de prix des lycées et collèges.

BIBLIOTHÈQUE
DE
PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-12, brochés, à 2 fr. 50.

Cartonnés toile, 3 francs. — En demi-reliure, plats papier, 4 francs.

ALAUX, professeur à la Faculté des lettres d'Alger. **Philosophie de M. Cousin.**
ALLIER (R.). ***La Philosophie d'Ernest Renan.** 1895.
ARRÉAT (L.). ***La Morale dans le drame, l'épopée et le roman.** 2e édition.
— ***Mémoire et imagination** (Peintres, Musiciens, Poètes, Orateurs). 1895.
— **Les Croyances de demain.** 1898.
AUBER (Ed.). **Philosophie de la médecine.**
BALLET (G.). **Le Langage intérieur** et les diverses formes de l'aphasie. 2e édit.
BEAUSSIRE, de l'Institut. ***Antécédents de l'hégél. dans la philos. française.**
BERSOT (Ernest), de l'Institut. ***Libre philosophie.**
BERTAULD. **De la Philosophie sociale.**
BERTRAND (A.), professeur à l'Université de Lyon. **La Psychologie de l'effort et les doctrines contemporaines.**
BINET (A.), directeur du lab. de psych. physiol. de la Sorbonne. **La Psychologie du raisonnement,** expériences par l'hypnotisme. 2e édit.
BOST. **Le Protestantisme libéral.**
BOUGLÉ, maître de conférences à l'Université de Montpellier. **Les Sciences sociales en Allemagne.**
BOUTROUX, de l'Institut. ***De la contingence des lois de la nature.** 3e éd. 1896.
CARUS (P.). ***Le Problème de la conscience du moi,** trad. par M. A. MONOD.
COIGNET (Mme). **La Morale indépendante.**
CONTA (B.). ***Les Fondements de la métaphysique,** trad. du roumain par D. TESCANU.
COQUEREL FILS (Ath.). **Transformations historiques du christianisme.**
— **Histoire du Credo.**
— **La Conscience et la Foi.**
COSTE (Ad.). ***Les Conditions sociales du bonheur et de la force.** 3e édit.
CRESSON (A.), agrégé de philosophie. **La Morale de Kant.** 1897. Couronné par l'Institut.
DAURIAC (L.), professeur au lycée Janson-de-Sailly. **La Psychologie dans l'Opéra français** (Auber, Rossini, Meyerbeer). 1897.
DANVILLE (Gaston). **Psychologie de l'amour.** 1894.
DELBŒUF (J.), prof. à l'Université de Liège. **La Matière brute et la Matière vivante.**
DUGAS, docteur ès lettres. ***Le Psittacisme et la pensée symbolique.** 1896.
— **La Timidité.** 1898.
DUMAS (G.), agrégé de philosophie. ***Les états intellectuels dans la Mélancolie.** 1894.
DUNAN, docteur ès lettres. **La théorie psychologique de l'Espace.** 1895.
DURKHEIM (Émile), professeur à l'Université de Bordeaux. ***Les règles de la méthode sociologique.** 1895.
ESPINAS (A.), prof. à la Sorbonne. ***La Philosophie expérimentale en Italie.**
FAIVRE (E.). **De la Variabilité des espèces.**
FÉRÉ (Ch.). **Sensation et Mouvement.** Étude de psycho-mécanique, avec figures.
— **Dégénérescence et Criminalité,** avec figures. 2e édit.
FERRI (E.). **Les Criminels dans l'Art et la Littérature.** 1897.
FIERENS-GEVAERT. **Essai sur l'Art contemporain.** 1897. (Couronné par l'Académie française.)
FLEURY (Maurice de). **L'Âme du criminel.** 1898.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12, à 2 fr. 50 le vol.

FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. La Causalité efficiente. 1893.
FONTANÈS. Le Christianisme moderne.
FONVIELLE (W. de). L'Astronomie moderne.
FRANCK (Ad.), de l'Institut. * Philosophie du droit pénal. 4e édit.
— Des Rapports de la Religion et de l'État. 2e édit.
— La Philosophie mystique en France au XVIIIe siècle.
GAUCKLER. Le Beau et son histoire.
GREEF (de). Les Lois sociologiques. 2e édit.
GUYAU. * La Genèse de l'idée de temps.
HARTMANN (E. de). La Religion de l'avenir. 4e édit.
— Le Darwinisme, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine. 6e édit.
HERCKENRATH. (C.-R.-C.) Problèmes d'Esthétique et de Morale. 1897.
HERBERT SPENCER. * Classification des sciences. 6e édit.
— L'Individu contre l'État. 4e édit.
JAELL (Mme). * La Musique et la psycho-physiologie. 1895.
JANET (Paul), de l'Institut. * Le Matérialisme contemporain. 6e édit.
— * Philosophie de la Révolution française. 5e édit.
— * Les Origines du socialisme contemporain. 3e édit. 1896.
— * La Philosophie de Lamennais.
LACHELIER, de l'Institut. Du fondement de l'induction, suivi de psychologie et métaphysique. 3e édit. 1898.
LAMPÉRIÈRE (Mme A.). Rôle social de la femme, son éducation. 1898.
LANESSAN (J.-L. de). La Morale des philosophes chinois. 1896.
LANGE, professeur à l'Université de Copenhague. Les émotions, étude psycho physiologique, traduit par G. Dumas. 1895.
LAUGEL (Auguste). L'Optique et les Arts.
— * Les Problèmes de l'âme.
— Problème de la nature.
LE BLAIS. Matérialisme et Spiritualisme.
LE BON (Dr Gustave). * Lois psychol. de l'évolution des peuples. 2e édit. 1895.
— * Psychologie des foules. 3e édit. 1898.
LÉCHALAS. * Étude sur l'espace et le temps. 1895.
LE DANTEC, docteur ès sciences. Le Déterminisme biologique et la Personnalité consciente. 1897.
— L'Individualité et l'Erreur individualiste. 1898.
LEFÈVRE, docteur ès lettres. Obligation morale et idéalisme. 1895.
LEOPARDI. Opuscules et Pensées, traduit de l'italien par M. Aug. Dapples.
LEVALLOIS (Jules). Déisme et Christianisme.
LIARD, de l'Institut. * Les Logiciens anglais contemporains. 3e édit.
— Des définitions géométriques et des définitions empiriques. 2e édit.
LICHTENBERGER (Henri), professeur adjoint à l'Université de Nancy. La philosophie de Nietzsche. 3e édit. 1899.
LOMBROSO. L'Anthropologie criminelle et ses récents progrès. 3e édit. 1896.
— Nouvelles recherches d'anthropologie criminelle et de psychiatrie. 1892.
— Les Applications de l'anthropologie criminelle. 1892.
LUBBOCK (Sir John). * Le Bonheur de vivre. 2 volumes. 5e édit.
— * L'Emploi de la vie. 2e éd. 1897.
LYON (Georges), maître de conf. à l'École normale. * La Philosophie de Hobbes.
MARIANO. La Philosophie contemporaine en Italie.
MARION, professeur à la Sorbonne. * J. Locke, sa vie, son œuvre. 2e édit.
MAUS (I.), avocat à la Cour d'appel de Bruxelles. De la Justice pénale.
MILHAUD (G.), chargé de cours à l'Université de Montpellier. Essai sur les conditions et les limites de la Certitude logique. 2e édit. 1898.
— Le Rationnel. 1898.
MOSSO. * La Peur. Étude psycho-physiologique (avec figures). 2e édit.
— * La fatigue intellectuelle et physique, traduit de l'italien par P. Langlois. 2e édit. 1896, avec grav.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12, à 2 fr. 50 le vol.

NORDAU (Max). * Paradoxes psychologiques, trad. Dietrich. 3e édit. 1898.
— Paradoxes sociologiques, trad. Dietrich. 2e édit. 1898.
— Psycho-physiologie du Génie et du Talent. 2e édit. 1898.
NOVICOW (J.). L'Avenir de la Race blanche. 1897.
OSSIP-LOURIÉ. Pensées de Tolstoï. 1898.
PAULHAN (Fr.). Les Phénomènes affectifs et les lois de leur apparition.
— * Joseph de Maistre et sa philosophie. 1893.
PILLON (F.). La Philosophie de Ch. Secrétan. 1898.
PILO (Mario), professeur au lycée de Belluno (Italie). * La psychologie du Beau et de l'Art, trad. par Aug. Dietrich. 1895.
PIOGER (Dr Julien). Le Monde physique, essai de conception expérimentale. 1893.
QUEYRAT (Fr.), professeur de l'Université. * L'imagination et ses variétés chez l'enfant. 2e édit. 1896.
— * L'abstraction, son rôle dans l'éducation intellectuelle. 1894.
— Les Caractères et l'éducation morale. 1896.
REGNAUD (P.), professeur à l'Université de Lyon. Logique évolutionniste. *L'Entendement dans ses rapports avec le langage.* 1897.
— Comment naissent les mythes. 1897.
RÉMUSAT (Charles de), de l'Académie française. * Philosophie religieuse.
RENARD (Georges), professeur à l'Université de Lausanne. Le régime socialiste, son organisation politique et économique. 2e édit. 1898.
RIBOT (Th.), professeur au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique*. La Philosophie de Schopenhauer. 6e édition.
— * Les Maladies de la mémoire. 12e édit.
— * Les Maladies de la volonté. 11e édit.
— * Les Maladies de la personnalité. 7e édit.
— * La Psychologie de l'attention. 4e édit.
RICHARD (G.), docteur ès lettres. * Le Socialisme et la Science sociale. 1897.
RICHET (Ch.). Essai de psychologie générale (avec figures). 3e édit. 1898.
ROBERTY (E. de). L'Inconnaissable, sa métaphysique, sa psychologie.
— L'Agnosticisme. Essai sur quelques théories pessim. de la connaissance. 2e édit.
— La Recherche de l'Unité. 1 vol. 1893
— Auguste Comte et Herbert Spencer. 2e édit.
— * Le Bien et le Mal. 1896.
— Le Psychisme social. 1897.
— Les Fondements de l'Ethique. 1898.
ROISEL. De la Substance.
— L'Idée spiritualiste. 1897.
SAIGEY. La Physique moderne. 2e édit.
SAISSET (Émile), de l'Institut. * L'Ame et la Vie.
— * Critique et Histoire de la philosophie (fragm. et disc.).
SCHŒBEL. Philosophie de la raison pure.
SCHOPENHAUER. * Le Libre arbitre, traduit par M. Salomon Reinach. 7e édit.
— * Le Fondement de la morale, traduit par M. A. Burdeau. 6e édit.
— Pensées et Fragments, avec intr. par M. J. Bourdeau. 13e édit.
SELDEN (Camille). La Musique en Allemagne, étude sur Mendelssohn.
SIGHELE. La Foule criminelle, essai de psychologie collective.
STRICKER. Le Langage et la Musique, traduit de l'allemand par M. Schwiedland.
STUART MILL. * Auguste Comte et la Philosophie positive. 6e édit.
— * L'Utilitarisme. 2e édit.
— Correspondance inédite avec Gustave d'Eichthal (1828-1842) — (1864-1871), avant-propos et trad. par Eug. d'Eichthal. 1898.
TAINE (H.), de l'Académie française. * Philosophie de l'art dans les Pays-Bas.
TARDE. La Criminalité comparée. 4e édition. 1898.
— * Les Transformations du Droit. 2e édit. 1894.
— Les Lois sociales. 1898.
THAMIN (R.), professeur au lycée Condorcet, docteur ès lettres. * Éducation et positivisme. 2e édit. 1895. Ouvrage couronné par l'Institut.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12, à 2 fr. 50 le vol.

THOMAS (P. Félix), docteur ès lettres. * **La suggestion**, son rôle dans l'éducation intellectuelle. 2e édit. 1898.
TISSIÉ. * **Les Rêves**, avec préface du professeur Azam. 2e éd. 1898.
VIANNA DE LIMA. **L'Homme selon le transformisme.**
WUNDT. **Hypnotisme et suggestion.** Étude critique, traduit par M. Keller.
ZELLER. **Christian Baur et l'École de Tubingue**, traduit par M. Ritter.
ZIEGLER. **La Question sociale est une Question morale**, traduit par M. Palante. 2e éd. 1894.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-8.

Br. à 5 fr., 7 fr. 50 et 10 fr.; Cart. angl., 1 fr. en plus par vol.; Demi-rel. en plus 2 fr. par vol.

ADAM (Ch.), recteur de l'Académie de Dijon. * **La Philosophie en France** (première moitié du XIXe siècle). 7 fr. 50
AGASSIZ.* **De l'Espèce et des Classifications.** 5 fr.
ARRÉAT. * **Psychologie du peintre.** 5 fr.
AUBRY (le Dr P.). **La contagion du meurtre.** 1896. 3e édit. 5 fr.
BAIN (Alex.). **La Logique inductive et déductive.** Traduit de l'anglais par M. G. Compayré. 2 vol. 3e édition. 20 fr.
— * **Les Sens et l'Intelligence.** 1 vol. Traduit par M. Cazelles. 3e édit. 10 fr.
— * **Les Émotions et la Volonté.** Trad. par M. Le Monnier. 10 fr.
BALDWIN (Mark), professeur à l'Université de Princeton (États-Unis). **Le Développement mental chez l'enfant et dans la race.** Trad. Nourry, préface de L. Marillier. 1897. 7 fr. 50
BARNI (Jules). * **La Morale dans la démocratie.** 2e édit. 5 fr.
BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut. **La Philosophie dans ses rapports avec les sciences et la religion.** 5 fr.
BERGSON (H.), maître de conférences à l'École normale sup. **Matière et mémoire**, essai sur les relations du corps à l'esprit. 1896. 5 fr.
— **Essai sur les données immédiates de la concience.** 2e édit. 1898. 3 fr. 75
BERTRAND, prof. à l'Université de Lyon. **L'Enseignement intégral.** 1898. 5 fr.
BOIRAC (Émile), prof. à l'Université de Dijon. * **L'idée du Phénomène.** 1894. 5 fr.
BOURDEAU (L.). **Le Problème de la mort**, ses solutions imaginaires et la science positive. 2e édition. 1896. 5 fr.
BOURDON, professeur à l'Université de Rennes. * **L'expression des émotions et des tendances dans le langage.** 1892. 7 fr. 50
BOUTROUX (Em.), de l'Institut. **Etudes d'hist. de la philos.** 1898. 7 fr. 50
BROCHARD (V.), professeur à la Sorbonne. **De l'Erreur.** 1 vol. 2e édit. 1897. 5 fr.
BRUNSCHWICG (E.), docteur ès lettres. * **Spinoza.** 1894. 3 fr. 75
— **La modalité du jugement.** 5 fr.
CARRAU (Ludovic), professeur à la Sorbonne. **La Philosophie religieuse en Angleterre**, depuis Locke jusqu'à nos jours. 5 fr.
CHABOT (Ch.), docteur ès lettres. **Nature et Moralité.** 1897. 5 fr.
CLAY (R.). * **L'Alternative**, *Contribution à la psychologie.* 2e édit. 10 fr.
COLLINS (Howard). * **La Philosophie de Herbert Spencer**, avec préface de M. Herbert Spencer, traduit par H. de Varigny. 2e édit. 1895. 10 fr.
COMTE (Aug.). **La Sociologie**, résumé par E. RIGOLAGE. 1897. 7 fr. 50
CONTA (B.). **Théorie de l'ondulation universelle.** 1894. 3 fr. 75
CRÉPIEUX-JAMIN. **L'Écriture et le Caractère.** 4e édit. 1897. 7 fr. 50
DEWAULE, docteur ès lettres. * **Condillac et la Psych. anglaise contemp.** 5 fr.
DUPROIX (P.), professeur à l'Université de Genève. * **Kant et Fichte et le problème de l'éducation.** 2e édit. 1897. (Ouvrage couronné par l'Académie française.). 5 fr.
DURAND (DE GROS). **Aperçus de taxinomie générale.** 1898. 5 fr.
DURKHEIM, professeur à l'Université de Bordeaux. * **De la division du travail social.** 1893. 7 fr. 50
— **Le Suicide**, *étude sociologique.* 1897. 7 fr. 50

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

DURKHEIM. L'Année sociologique. 8e année, 1896-1897, avec la collaboration de MM. SIMMEL, BOUGLÉ, MAUSS, HUBERT, LAPIE, ÉM. LÉVY, RICHARD, A. MILHAUD, SIMIAUD, MUFFANG, FAUCONNET et PARODI. 10 fr.

ESPINAS (A.), professeur à la Sorbonne. La philosophie sociale du XVIIIe siècle et la révolution française. 1898. 7 fr. 50

FERRERO (G.). Les lois psychologiques du symbolisme. 1895. 5 fr.

FERRI (Louis), professeur à l'Université de Rome. La Psychologie de l'association, depuis Hobbes jusqu'à nos jours. 7 fr. 50

FLINT, prof. à l'Univ. d'Edimbourg. * La Philos. de l'histoire en Allemagne. 7 fr. 50

FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. * Essai sur le libre arbitre. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences morales et politiques. 2e éd. 1895. 10 fr.

FOUILLÉE (Alf.), de l'Institut. * La Liberté et le Déterminisme. 1 vol. 2e édit. 7 fr. 50

— Critique des systèmes de morale contemporains. 2e édit. 7 fr. 50

— * La Morale, l'Art, la Religion, d'après GUYAU. 2e édit. 3 fr. 75

— L'Avenir de la Métaphysique fondée sur l'expérience. 5 fr.

— * L'Évolutionnisme des idées-forces. 7 fr. 50

— * La Psychologie des idées-forces. 2 vol. 1893. 15 fr.

— * Tempérament et caractère. 1895. 7 fr. 50

— Le Mouvement positiviste et la conception sociol. du monde. 1896. 7 fr. 50

— Le Mouvement idéaliste et la réaction contre la science posit. 1896. 7 fr. 50

— Psychologie du peuple français. 7 fr. 50

FRANCK (A.), de l'Institut. Philosophie du droit civil. 5 fr.

FULLIQUET. Essai sur l'Obligation morale. 1898. 7 fr. 50

GAROFALO, agrégé de l'Université de Naples. La Criminologie. 4e édit. 7 fr. 50

— La superstition socialiste. 1895. 5 fr.

GOBLOT (E.), docteur ès lettres. Essai sur la Classif. des sciences. 1898. 5 fr.

GODFERNAUX (A.), docteur ès lettres. * Le sentiment et la pensée et leurs principaux aspects physiologiques. 1894. 5 fr.

GORY (G.), docteur ès lettres. L'Immanence de la raison dans la connaissance sensible. 1896. 5 fr.

GREEF (de), prof. à la nouvelle Université libre de Bruxelles. Le transformisme social. Essai sur le progrès et le regrès des sociétés. 1895. 7 fr. 50

GURNEY, MYERS et PODMORE. Les Hallucinations télépathiques, traduit et abrégé des « *Phantasms of The Living* » par L. MARILLIER, préf. de CH. RICHET. 3e éd. 7 fr. 50

GUYAU (M.). * La Morale anglaise contemporaine. 4e édit. 7 fr. 50

— Les Problèmes de l'esthétique contemporaine. 5 fr.

— Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction. 3e édit. 5 fr.

— L'Irréligion de l'avenir, étude de sociologie. 5e édit. 7 fr. 50

— * L'Art au point de vue sociologique. 7 fr. 50

— * Hérédité et Education, étude sociologique. 3e édit. 5 fr.

HERBERT SPENCER. * Les Premiers principes. Traduc. Cazelles. 8e éd. 10 fr.

— * Principes de biologie. Traduit par M. Cazelles. 4e édit. 2 vol. 20 fr.

— * Principes de psychologie. Trad. par MM. Ribot et Espinas. 2 vol. 20 fr.

— * Principes de sociologie. 4 vol., traduits par MM. Cazelles et Gerschel : Tome I. 10 fr. — Tome II. 7 fr. 50. — Tome III. 15 fr. — Tome IV. 3 fr. 75

— * Essais sur le progrès. Traduit par M. A. Burdeau. 4e édit. 7 fr. 50

— Essais de politique. Traduit par M. A. Burdeau. 4e édit. 7 fr. 50

— Essais scientifiques. Traduit par M. A. Burdeau. 3e édit. 7 fr. 50

— * De l'Education physique, intellectuelle et morale. 10e édit. 5 fr.

(Voy. p. 3, 20 et 21.)

HIRTH (G.). * Physiologie de l'Art. Trad. et introd. de M. L. Arréat. 5 fr.

HUXLEY, de la Société royale de Londres. * Hume, sa vie, sa philosophie. Traduit de l'anglais et précédé d'une introduction par M. G. Compayré. 5 fr.

IZOULET (J.), professeur au Collège de France. * La Cité moderne, métaphysique de la sociologie. 4e édit. 1897. 10 fr.

JANET (Paul), de l'Institut. * Les Causes finales. 3e édit. 10 fr.

— * Histoire de la science politique dans ses rapports avec la morale. 2 forts vol. 3e édit., revue, remaniée et considérablement augmentée. 20 fr.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

JANET (Paul). * **Victor Cousin et son œuvre.** 3e édition. 7 fr. 50
JANET (Pierre), professeur au lycée Condorcet. * **L'Automatisme psychologique,** essai sur les formes inférieures de l'activité mentale. 2e édit. 1894. 7 fr. 50
LANG (A.). * **Mythes, Cultes et Religion.** Traduit par MM. Marillier et Durr, introduction de Marillier. 1896. 10 fr.
LAVELEYE (de), correspondant de l'Institut. * **De la Propriété et de ses formes primitives.** 4e édit. revue et augmentée. 10 fr.
— * **Le Gouvernement dans la démocratie.** 2 vol. 3e édit. 1896. 15 fr.
LE BON (Dr Gustave). **Psychologie du socialisme.** 1898. 7 fr. 50
LÉVY-BRUHL, docteur ès lettres. * **La Philosophie de Jacobi.** 1894. 5 fr.
LIARD, de l'Institut. * **Descartes.** 5 fr.
— * **La Science positive et la Métaphysique.** 4e édit. 7 fr. 50
LICHTENBERGER (H.), professeur à l'Université de Nancy. **Richard Wagner, poète et penseur.** 2e édit. 1899. 10 fr.
LOMBROSO. * **L'Homme criminel** (criminel-né, fou-moral, épileptique), précédé d'une préface de M. le docteur LETOURNEAU. 3e éd. 2 vol. et atlas. 1895. 36 fr.
LOMBROSO ET FERRERO. **La Femme criminelle et la prostituée.** Avec planches hors texte. 1896. 15 fr.
LOMBROSO et LASCHI. **Le Crime politique et les Révolutions.** 2 vol. avec 13 planches hors texte. 15 fr.
LYON (Georges), maître de conférences à l'École normale supérieure. * **L'Idéalisme en Angleterre au XVIIIe siècle.** 7 fr. 50
MALAPERT (P.), docteur ès lettres. **Les Eléments du caractère et leurs lois de combinaison.** 1897. 5 fr.
MARION (H.), professeur à la Sorbonne. * **De la Solidarité morale.** Essai de psychologie appliquée. 6e édit. 1897. 5 fr.
MARTIN (Fr.), docteur ès lettres. **La perception extérieure et la science positive,** essai de philosophie des sciences. 1894. 5 fr.
MATTHEW ARNOLD. **La Crise religieuse.** 7 fr. 50
MAX MULLER, prof. à l'Université d'Oxford. **Nouvelles études de mythologie,** trad. de l'anglais par L. Job, docteur ès lettres. 1898. 12 fr. 50
NAVILLE (E.), correspond. de l'Institut. **La physique moderne.** 2e édit. 5 fr.
— * **La Logique de l'hypothèse.** 2e édit. 5 fr.
— * **La définition de la philosophie.** 1894. 5 fr.
— **Le Libre arbitre.** 2e édit. 1898. 5 fr.
NORDAU (Max). * **Dégénérescence,** traduit de l'allemand par Aug. Dietrich. 5e éd. 1898. 2 vol. Tome I. 7 fr. 50. Tome II. 10 fr.
— **Les Mensonges conventionnels de notre civilisation,** trad. Dietrich. 5 fr.
NOVICOW. **Les Luttes entre Sociétés humaines et leurs phases successives.** 2e édit. 10 fr.
— * **Les gaspillages des sociétés modernes.** 2e éd. 1899. 5 fr.
OLDENBERG, professeur à l'Université de Kiel. * **Le Bouddha, sa Vie, sa Doctrine, sa Communauté,** trad. par P. Foucher. Préf. de Lucien Lévy. 1894. 7 fr. 50
PAULHAN (Fr.). **L'Activité mentale et les Éléments de l'esprit.** 10 fr.
— **Les types intellectuels : esprits logiques et esprits faux.** 1896. 7 fr. 50
PAYOT (J.), inspecteur d'académie, docteur ès lettres. * **L'Éducation de la volonté.** 8e édit. 1898. 5 fr.
— **De la croyance.** 1896. 5 fr.
PÉRES (Jean), docteur ès lettres. **L'Art et le Réel,** essai de métaphysique fondé sur l'esthétique. 1898. 3 fr. 75
PÉREZ (Bernard). **Les Trois premières années de l'enfant.** 5e édit. 5 fr.
— **L'Enfant de trois à sept ans.** 3e édit. 5 fr.
— **L'Éducation morale dès le berceau.** 3e édit. 1896. 5 fr.
— * **L'éducation intellectuelle dès le berceau.** 1896. 5 fr.
PIAT (l'abbé C.), docteur ès lettres. **La Personne humaine.** 1898. (Couronné par l'Institut). 7 fr. 50
— **Destinée de l'homme.** 1898 5 fr.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8°.

PICAVET (F.), maître de conférences à l'École des hautes études. * **Les Idéologues**, essai sur l'histoire des idées, des théories scientifiques, philosophiques, religieuses, etc., en France, depuis 1789. (Ouvr. couronné par l'Académie française.) 10 fr.
PIDERIT. **La Mimique et la Physiognomonie.** Trad. par M. Girot. 5 fr.
PILLON (F.). * **L'Année philosophique.** 8 années : 1890, 1891, 1892, 1893 (épuisé), 1894, 1895, 1896 et 1897. 8 vol. Chaque volume séparément. 5 fr.
PIOGER (J.). **La Vie et la Pensée.** Essai de conception expérimentale. 1894. 5 fr.
— **La vie sociale, la morale et le progrès.** 1894. 5 fr.
PREYER, prof. à l'Université de Berlin. **Éléments de physiologie.** 5 fr.
— * **L'Ame de l'enfant.** Développement psychique des premières années. 10 fr.
PROAL. * **Le Crime et la Peine.** 2e édit. (Couronné par l'Institut). 10 fr.
— * **La criminalité politique.** 1895. 5 fr.
RAUH, professeur à l'Université de Toulouse. **De la méthode dans la psychologie des sentiments.** 1899. 5 fr.
RÉCEJAC, docteur ès lettres. **Essai sur les Fondements de la Connaissance mystique.** 1897. 5 fr.
RIBOT (Th.). * **L'Hérédité psychologique.** 5e édit. 7 fr. 50
— * **La Psychologie anglaise contemporaine.** 3e édit. 7 fr. 50
— * **La Psychologie allemande contemporaine.** 4e édit. 7 fr. 50
— **La psychologie des sentiments.** 2e édit. 1897. 7 fr. 50
— **L'Evolution des idées générales.** 1897. 5 fr.
RICARDOU (A.), docteur ès lettres. * **De l'Idéal.** (Couronné par l'Institut.) 5 fr.
ROBERTY (E. de). **L'Ancienne et la Nouvelle philosophie.** 7 fr. 50
— * **La Philosophie du siècle** (positivisme, criticisme, évolutionnisme). 5 fr.
ROMANES. * **L'Evolution mentale chez l'homme.** 7 fr. 50
SAIGEY (E.). * **Les Sciences au XVIIIe siècle.** La Physique de Voltaire. 5 fr.
SANZ Y ESCARTIN. **L'Individu et la réforme sociale,** traduit de l'espagnol par Aug. Dietrich. 1898. 7 fr. 50
SCHOPENHAUER. **Aphorismes sur la sagesse dans la vie.** 6e édit. Traduit par M. Cantacuzène. 5 fr.
— * **De la Quadruple racine du principe de la raison suffisante,** suivi d'une *Histoire de la doctrine de l'idéal et du réel.* Trad. par M. Cantacuzène. 5 fr.
— * **Le Monde comme volonté et comme représentation.** Traduit par M. A. Burdeau. 2e éd. 3 vol. Chacun séparément. 7 fr. 50
SÉAILLES (G.), maître de conférences à la Sorbonne. **Essai sur le génie dans l'art.** 2e édit. 1897. 5 fr.
SERGI, professeur à l'Université de Rome. **La Psychologie physiologique,** traduit de l'italien par M. Mouton. Avec figures. 7 fr. 50
SOLLIER (Dr P.). * **Psychologie de l'idiot et de l'imbécile.** 5 fr.
SOURIAU (Paul), prof. à l'Univ. de Nancy. **L'Esthétique du mouvement.** 5 fr.
— * **La suggestion dans l'art.** 5 fr.
STUART MILL. * **Mes Mémoires.** Histoire de ma vie et de mes idées. 3e éd. 5 fr.
— * **Système de logique déductive et inductive.** 4e édit. 2 vol. 20 fr.
— * **Essais sur la religion.** 2e édit. 5 fr.
— **Lettres inédites à Aug. Comte et réponses d'Aug. Comte,** publiées et précédées d'une introduction par L. LÉVY BRUHL. 1899. 10 fr.
SULLY (James). **Le Pessimisme.** Trad. Bertrand. 2e édit. 7 fr. 50
— **Études sur l'enfance.** Trad. A. Monod, préface de G. Compayré. 1898. 10 fr.
TARDE (G.). * **La logique sociale.** 2e édit. 1898. 7 fr. 50
— * **Les lois de l'imitation.** 2e édit. 1895. 7 fr. 50
— **L'Opposition universelle.** *Essai d'une théorie des contraires.* 1897. 7 fr. 50
THOMAS (P. F.), docteur ès lettres. **L'Éducation des sentiments.** 1898. 5 fr.
THOUVEREZ (Émile), docteur ès lettres. **Le Réalisme métaphysique.** 1894. Couronné par l'Institut. 5 fr.
VACHEROT (Et.), de l'Institut. * **Essais de philosophie critique.** 7 fr. 50
— **La Religion.** 7 fr. 50
WUNDT. **Eléments de psychologie physiologique.** 2 vol. avec figures. 20 fr.

COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

PHILOSOPHIE ANCIENNE

ARISTOTE (Œuvres d'), traduction de J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut.
— * **Rhétorique**. 2 vol. in-8. 16 fr.
— * **Politique**. 1 vol. in-8... 10 fr.
— **La Métaphysique d'Aristote**. 3 vol. in-8. ..... 30 fr.
— **De la Logique d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. 2 vol. in-8..... 10 fr.
— **Table alphabétique des matières de la traduction générale d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, 2 forts vol. in-8. 1892 ..... 30 fr.
— **L'Esthétique d'Aristote**, par M. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1889. 5 fr.
SOCRATE. * **La Philosophie de Socrate**, par Alf. FOUILLÉE. 2 vol. in-8..... 16 fr.
— **Le Procès de Socrate**, par G. SOREL. 1 vol. in-8..... 3 fr. 50
PLATON. **Études sur la Dialectique dans Platon et dans Hegel**, par Paul JANET. 1 vol. in-8. 6 fr.
—* **Platon, sa philosophie**, sa vie et de ses œuvres, par CH. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1893..... 10 fr.
— **La Théorie platonicienne des Sciences**, par ÉLIE HALÉVY. In-8. 1895..... 5 fr.
PLATON. **Œuvres**, traduction VICTOR COUSIN revue par J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE : Socrate et Platon ou le Platonisme — Eutyphron — Apologie de Socrate — Criton — Phédon. 1 vol. in-8. 1896. 7 fr. 50
ÉPICURE.* **La Morale d'Épicure** et ses rapports avec les doctrines contemporaines, par M. GUYAU. 1 volume in-8. 3e édit..... 7 fr. 50
BÉNARD. **La Philosophie ancienne**, histoire de ses systèmes. *La Philosophie et la Sagesse orientales. — La Philosophie grecque avant Socrate. — Socrate et les socratiques. — Études sur les sophistes grecs.* 1 v. in-8..... 9 fr.
FABRE (Joseph). * **Histoire de la philosophie, antiquité et moyen âge**. 1 vol. in-18. .... 3 fr. 50
FAVRE (Mme Jules), née VELTEN. **La Morale des stoïciens**. In-18. 3 fr. 50
— **La Morale de Socrate**. In-18. 3 fr. 50
— **La Morale d'Aristote**. In-18. 3 fr. 50
OGEREAU. **Système philosophique des stoïciens**. In-8..... 5 fr.
RODIER (G.). * **La Physique de Straton de Lampsaque**. In-8. 3 fr.
TANNERY (Paul), **Pour l'histoire de la science hellène** (de Thalès à Empédocle). 1 v. in-8. 1887..... 7 fr. 50
MILHAUD (G.). * **Les origines de la science grecque**. 1 vol. in-8. 1893..... 5 fr.

PHILOSOPHIE MODERNE

* DESCARTES, par L. LIARD. 1 vol. in-8..... 5 fr.
— **Essai sur l'Esthétique de Descartes**, par E. KRANTZ. 1 vol. in-8. 2e éd. 1897..... 6 fr.
SPINOZA. **Benedicti de Spinoza opera**, quotquot reperta sunt, recognoverunt J. Van Vloten et J.-P.-N. Land. 2 forts vol. in-8 sur papier de Hollande..... 45 fr.
Le même en 3 volumes élégamment reliés..... 18 fr.
— **Inventaire des livres formant sa bibliothèque**, publié d'après un document inédit avec des notes biographiques et bibliographiques et une introduction par A.-J. SERVAAS VAN ROOIJEN. 1 v. in-4 sur papier de Hollande..... 15 fr.
GEULINCK (Arnoldi). **Opera philosophica** recognovit J.-P.-N. LAND, 3 volumes, sur papier de Hollande, gr. in-8. Chaque vol... 17 fr. 75
GASSENDI. **La Philosophie de Gassendi**, par P.-F. THOMAS. In-8. 1889..... 6 fr.
LOCKE. * **Sa vie et ses œuvres**, par MARION. In-18. 3e éd... 2 fr. 50
MALEBRANCHE. * **La Philosophie de Malebranche**, par OLLÉ-LAPRUNE, de l'Institut. 2 volumes. in-8..... 16 fr.

PASCAL. **Études sur le scepticisme de Pascal**, par DROZ. 1 vol. in-8..... 6 fr.

VOLTAIRE. **Les Sciences au XVIIIe siècle.** Voltaire physicien, par Em. SAIGEY. 1 vol. in-8. 5 fr.

FRANCK (Ad.), de l'Institut. **La Philosophie mystique en France au XVIIIe siècle.** 1 volume in-18..... 2 fr. 50

DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'histoire de la philosophie au XVIIIe siècle.** 3 vol. in-8. 15 fr.

J.-J. ROUSSEAU. **Du Contrat social**, édition comprenant avec le texte définitif les versions primitives de l'ouvrage d'après les manuscrits de Genève et de Neuchâtel, avec introduction, par EDMOND DREYFUS-BRISAC. 1 fort volume grand in-8. 12 fr.

PHILOSOPHIE ÉCOSSAISE

DUGALD STEWART. * **Éléments de la philosophie de l'esprit humain.** 3 vol. in-12..... 9 fr.

HUME. * **Sa vie et sa philosophie**, par Th. HUXLEY. 1 vol. in-8. 5 fr.

BACON. **Étude sur François Bacon**, par J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. In-18..... 2 fr. 50

BACON. * **Philosophie de François Bacon**, par CH. ADAM. (Couronné par l'Institut). In-8..... 7 fr. 50

BERKELEY. **Œuvres choisies.** *Essai d'une nouvelle théorie de la vision. Dialogues d'Hylas et de Philonoüs.* Traduit de l'anglais par MM. BEAULAVON (G.) et PARODI (D.). In-8. 1895..... 5 fr.

PHILOSOPHIE ALLEMANDE

KANT. **La Critique de la raison pratique**, traduction nouvelle avec introduction et notes, par M. PICAVET. 1 vol. in-8. ..... 6 fr.

— **Éclaircissements sur la Critique de la raison pure**, trad. TISSOT. 1 vol. in-8..... 6 fr.

— * **Principes métaphysiques de la morale**, et *Fondements de la métaphysique des mœurs*, traduct. TISSOT. In-8..... 8 fr.

— **Doctrine de la vertu**, traduction BARNI. 1 vol. in-8..... 8 fr.

— * **Mélanges de logique**, traduction TISSOT. 1 v. in-8..... 6 fr.

— * **Prolégomènes à toute métaphysique future** qui se présentera comme science, traduction TISSOT. 1 vol. in-8..... 6 fr.

— * **Anthropologie**, suivie de divers fragments relatifs aux rapports du physique et du moral de l'homme, et du commerce des esprits d'un monde à l'autre, traduction TISSOT. 1 vol. in-8..... 6 fr.

— **Traité de pédagogie**, trad. J. BARNI; préface et notes par M. Raymond THAMIN. 1 vol. in-12. 1 fr. 50

— **Essai critique sur l'Esthétique de Kant**, par V. BASCH. 1 vol. in-8. 1896..... 10 fr.

— **Sa morale**, par CRESSON. 1 vol. in-12..... 2 fr. 50

KANT et FICHTE et le problème de l'éducation, par PAUL DUPROIX. 1 vol. in-8. 1897..... 5 fr.

SCHELLING. **Bruno**, ou du principe divin. 1 vol. in-8..... 3 fr. 50

HEGEL. * **Logique.** 2 vol. in-8. 14 fr.

— * **Philosophie de la nature.** 3 vol. in-8..... 25 fr.

— * **Philosophie de l'esprit.** 2 vol. in-8..... 18 fr.

— * **Philosophie de la religion.** 2 vol. in-8..... 20 fr.

— **La Poétique**, trad. par M. Ch. BÉNARD. Extraits de Schiller, Gœthe, Jean-Paul, etc., 2 v. in-8. 12 fr.

— **Esthétique.** 2 vol. in-8, trad. BÉNARD..... 16 fr.

— **Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française**, par E. BEAUSSIRE. 1 vol. in-18..... 2 fr. 50

— **Introduction à la philosophie de Hegel**, par VÉRA. 1 vol. in-8. 2e édit..... 6 fr. 50

— **La logique de Hegel**, par EUG. NOEL. In-8. 1897..... 3 fr.

HERBART. **Principales œuvres pédagogiques**, trad. A. PINLOCHE. In-8. 1894..... 7 fr. 50

HUMBOLDT (G. de). **Essai sur les limites de l'action de l'État.** in-8..... 3 fr. 50

MAUXION (M.). **La métaphysique de Herbart et la critique de Kant.** 1 vol. in-8..... 7 fr. 50

RICHTER (Jean-Paul-Fr.). **Poétique** ou **Introduction à l'Esthétique.** 2 vol. in-8. 1862..... 15 fr.

SCHILLER. **Son esthétique**, par FR. MONTARGIS. In-8..... 4 fr.

PHILOSOPHIE ANGLAISE CONTEMPORAINE

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 et 5.)

ARNOLD (Matt.). — BAIN (Alex). — CARRAU (Lud.). — CLAY (R.). — COLLINS (H.). — CARUS. — FERRI (L.). — FLINT. — GUYAU. — GURNEY, MYERS et PODMOR. — HERBERT-SPENCER. — HUXLEY. — LIARD. — LANG, — LUBBOCK (Sir John). — LYON (Georges). — MARION. — MAUDSLEY. — STUART-MILL (JOHN). — ROMANES. — SULLY (James).

PHILOSOPHIE ALLEMANDE CONTEMPORAINE

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 et 5.)

BOUGLÉ — HARTMANN (E. de). — NORDAU (Max). — NIETZSCHE. — OLDENBERG. — PIDERIT. — PREYER. — RIBOT (Th.). — SCHMIDT (O.). — SCHŒBEL. — SCHOPENHAUER. — SELDEN (C.). — STRICKER. — WUNDT. — ZELLER. — ZIEGLER.

PHILOSOPHIE ITALIENNE CONTEMPORAINE

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 et 5.)

ESPINAS. — FERRERO. — FERRI (Enrico). — FERRI (L.). — GAROFALO. — LÉOPARDI. — LOMBROSO. — LOMBROSO et FERRERO. — LOMBROSO et LASCHI. — MARIANO. — MOSSO. — PILO (Marco). — SERGI. — SIGHELE.

LES GRANDS PHILOSOPHES

Publié sous la direction de M. l'Abbé PIAT

Sous ce titre, M. L'ABBÉ PIAT, agrégé de philosophie, docteur es lettres, professeur à l'Ecole des Carmes, va publier, avec la collaboration de savants et de philosophes connus, une série d'études consacrées aux grands philosophes: *Socrate, Platon, Aristote, Philon, Plotin* et *Saint Augustin; Saint Anselme, Saint Bonaventure, Saint Thomas d'Aquin* et *Dunsscot, Malebranche, Pascal, Spinoza, Leibniz, Kant, Hégel, Herbert Spencer*, etc.

Chaque étude formera un volume in-8° carré de 300 pages environ, du prix de 5 francs.

PARAITRONT DANS LE COURANT DE L'ANNÉE 1899 :

Avicenne, par le baron CARRA DE VAUX.
Saint Anselme, par M. DOMET DE VORGES, ancien ministre plénipotentiaire.
Socrate, par M. l'abbé PIAT.
Saint Augustin, par M. l'abbé JULES MARTIN.
Descartes, par M. le baron Denys COCHIN, député de Paris.
Saint Thomas d'Aquin, par Mgr MERCIER, directeur de l'Institut supérieur de philosophie de l'Université de Louvain, et par M. DE WULF, professeur au même Institut.
Malebranche, par M. Henri JOLY, ancien doyen de la Faculté des lettres de Dijon.
Saint Bonaventure, par Mgr DADOLLE, recteur des Facultés libres de Lyon.
Maine de Biran, par M. Marius COUAILHAC, docteur ès lettres.
Rosmini, par M. BAZAILLAS, agrégé de l'Université, professeur au collège Stanislas.
Pascal, par M. HATZFELD, professeur honoraire au lycée Louis-le-Grand.
Kant, par M. RUYSSEN, agrégé de l'Université, professeur au lycée de La Rochelle.
Spinoza, par M. G. FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon.
Dunsscot, par le R. P. DAVID FLEMING, définiteur général de l'ordre des Franciscains.

BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE DES SCIENCES SOCIALES

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

DICK MAY, Secrétaire général du Collège libre des Sciences sociales.

L'éditeur de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* a toujours réservé dans cette collection une place à la science sociale : les rapports de celle-ci avec la psychologie des peuples et avec la morale justifient ce classement et, à ces titres divers, elle intéresse les philosophes.

Mais, depuis plusieurs années, le cercle des études sociales s'est élargi ; elles sont sorties du domaine de l'observation pour entrer dans celui des applications pratiques et de l'histoire, qui s'adressent à un plus nombreux public.

Aussi ont-elles pris leur place dans le haut enseignement ; elles ont leurs représentants dans les Facultés des lettres et de droit, au Collège de France, à l'Ecole libre des sciences politiques. La récente fondation du *Collège libre des sciences sociales* a montré la diversité et l'utilité des questions qui font partie de leur domaine ; les nombreux auditeurs qui en suivent les cours et conférences prouvent par leur présence que cette nouvelle institution répond à un besoin de curiosité générale.

C'est pour répondre à ce même besoin que l'éditeur de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* fonde la *Bibliothèque générale des sciences sociales*. Les premiers volumes de cette *Bibliothèque* seront la reproduction des leçons professées dans ces deux dernières années au Collège libre. La collaboration de son distingué secrétaire général assure à la *Bibliothèque* la continuation du concours de ses professeurs et conférenciers.

La *Bibliothèque générale des sciences sociales* sera d'ailleurs ouverte à tous les travaux intéressants, quelles que soient les opinions des sociologues qui leur apporteront leur concours, et l'école à laquelle ils appartiendront.

Les volumes, dont les titres suivent, seront publiés dans le courant de l'année 1898, les trois premiers devant paraître aux mois de mars et avril prochains :

VOLUMES PUBLIÉS :

L'individualisation de la peine, par R. Saleilles, professeur agrégé à la Faculté de droit de l'Université de Paris.

L'idéalisme social, par Eugène Fournière, député, professeur au Collège libre des sciences sociales.

Ouvriers du temps passé (xve et xvie siècles), par H. Hauser, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand.

Chaque volume in-8° carré de 300 pages environ, cartonné à l'anglaise..... 6 fr.

EN PRÉPARATION :

La méthode historique appliquée aux sciences sociales, par Charles Seignobos, maître de conférences à la Faculté des lettres de l'Université de Paris.

La formation de la démocratie socialiste en France, par Albert Métin, agrégé de l'Université.

Le mouvement social catholique depuis l'encyclique *Rerum novarum*, par Max Turmann.

La méthode géographique appliquée aux sciences sociales, par Jean Brunhes, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse).

Les Bourses, par Thaller, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris.

La décomposition du Marxisme, par Ch. Andler, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure.

La statique sociale, par le Dr Delbet, député, directeur du Collège libre des sciences sociales.

Le monisme économique (sociologie marxiste), par de Kelles-Krauz.

L'organisation industrielle moderne. Ses caractères, son développement, par Maurice Dufourmentelle.

Précis d'économie sociale. *Le Play et la méthode d'observation*, par Alexis Delaire, secrétaire général de la Société d'économie sociale.

Les enquêtes (théorie et pratique), par M. P. du Maroussem, docteur en droit.

BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-12 brochés à 3 fr. 50. — Volumes in-8 brochés de divers prix

Cartonnage anglais, 50 cent. par vol. in-12; 1 fr. par vol. in-8.

Demi-reliure, 1 fr. 50 par vol. in-12; 2 fr. par vol. in-8.

EUROPE

SYBEL (H. de). * **Histoire de l'Europe pendant la Révolution française**, traduit de l'allemand par Mlle DOSQUET. Ouvrage complet en 6 vol. in-8. 42 fr.

DEBIDOUR, inspecteur général de l'Instruction publique. * **Histoire diplomatique de l'Europe, de 1815 à 1878.** 2 vol. in-8. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 18 fr.

FRANCE

AULARD, professeur à la Sorbonne. * **Le Culte de la Raison et le Culte de l'Être suprême**, étude historique (1793-1794). 1 vol. in-12. 3 fr. 50

— * **Études et leçons sur la Révolution française.** 2 vol. in-12. Chacun. 3 fr. 50

DESPOIS (Eug.). * **Le Vandalisme révolutionnaire.** Fondations littéraires, scientifiques et artistiques de la Convention. 4e édition, précédée d'une notice sur l'auteur par M. Charles BIGOT. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

DEBIDOUR, inspecteur général de l'instruction publique. **Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France** (1789-1870). 1 fort vol. in-8. 1898. 12 fr.

ISAMBERT (G.). * **La vie à Paris pendant une année de la Révolution** (1791-1792). 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50

MARCELLIN PELLET, ancien député. **Variétés révolutionnaires.** 3 vol. in-12, précédés d'une préface de A. RANC. Chaque vol. séparém. 3 fr. 50

BONDOIS (P.), agrégé de l'Université. * **Napoléon et la société de son temps** (1793-1821). 1 vol. in-8. 7 fr.

CARNOT (H.), sénateur. * **La Révolution française**, résumé historique. 1 volume in-12. Nouvelle édit. 3 fr. 50

BLANC (Louis). * **Histoire de Dix ans** (1830-1840). 5 vol. in-8. 25 fr.

— 25 pl. en taille-douce. Illustrations pour l'*Histoire de Dix ans*. 6 fr.

ÉLIAS REGNAULT. **Histoire de Huit ans** (1840-1848). 3 vol. in-8. 15 fr.

— 14 planches en taille-douce. Illustrations pour l'*Histoire de Huit ans*. 4 fr.

GAFFAREL (P.), professeur à l'Université de Dijon. * **Les Colonies françaises.** 1 vol. in-8. 5e édit. 5 fr.

LAUGEL (A.). * **La France politique et sociale.** 1 vol. in-8. 5 fr.

ROCHAU (de). **Histoire de la Restauration.** 1 vol. in-12. 3 fr. 50

SPULLER (E.), ancien ministre de l'Instruction publique. * **Figures disparues**, portraits contemp., littér. et politiq. 3 vol. in-12. Chacun. 3 fr. 50

— **Histoire parlementaire de la deuxième République.** 1 volume in-12. 2e édit. 3 fr. 50

— **Hommes et choses de la Révolution.** 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50

TAXILE DELORD. * **Histoire du second Empire** (1848-1870). 6 v. in-8. 42 fr.

ZEVORT (E.), recteur de l'Académie de Caen. **Histoire de la troisième République :**

Tome I. * **La présidence de M. Thiers** 1 vol. in-8. 1896. 7 fr.

Tome II. * **La présidence du Maréchal.** 1 vol. in-8. 1897. 7 fr.

Tome III. **La présidence de Jules Grévy.** 1 vol. in-8. 7 fr.

Tome IV. **La présidence de Sadi-Carnot.** 1 vol. in-8. (*Sous presse.*) 7 fr.

WAHL, inspecteur général honoraire de l'Instruction aux colonies. * **L'Algérie.** 1 vol. in-8. 3e édit. refondue. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 5 fr.

LANESSAN (de). **L'Expansion coloniale de la France.** Étude économique, politique et géographique sur les établissements français d'outre-mer. 1 fort vol. in-8, avec cartes. 1886. 12 fr.

— * **L'Indo-Chine française.** Étude économique, politique et administrative sur *la Cochinchine, le Cambodge, l'Annam et le Tonkin.* (Ouvrage couronné par la Société de géographie commerciale de Paris, médaille Dupleix.) 1 vol. in-8, avec 5 cartes en couleurs hors texte. 15 fr.

— * **La colonisation française en Indo-Chine.** 1 vol. in-12, avec une carte de l'Indo-Chine. 1895. 3 fr. 50

LAPIE (P.), agrégé de l'Université. **Les Civilisations tunisiennes** (Musulmans, Israélites, Européens). 1 v. in-12. 1898. (Couronné par l'Académie française.) 3 fr. 50

SILVESTRE (J.). **L'Empire d'Annam et les Annamites,** publié sous les auspices de l'administration des colonies. 1 v. in-12, avec 1 carte de l'Annam. 3 fr. 50

WEILL (Georges), agrégé de l'Université, docteur ès lettres. **L'École saint-simonienne,** son histoire, son influence jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50

ANGLETERRE

LAUGEL (Aug.). * **Lord Palmerston et lord Russell.** 1 vol. in-12. 3 fr. 50

SIR CORNEWAL LEWIS. * **Histoire gouvernementale de l'Angleterre depuis 1770 jusqu'à 1830.** Traduit de l'anglais. 1 vol. in-8. 7 fr.

REYNALD (H.), doyen de la Faculté des lettres d'Aix. * **Histoire de l'Angleterre,** depuis la reine Anne jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 2e éd. 3 fr. 50

MÉTIN (Albert). **Le Socialisme en Angleterre.** 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50

ALLEMAGNE

VÉRON (Eug.). * **Histoire de la Prusse,** depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa. 1 vol. in-12. 6e édit., augmentée d'un chapitre nouveau contenant le résumé des événements jusqu'à nos jours, par P. Bondois, professeur agrégé d'histoire au lycée Buffon. 3 fr. 50

— * **Histoire de l'Allemagne,** depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3e éd., mise au courant des événements par P. Bondois. 3 fr. 50

ANDLER (Ch.), maître de conférences à l'École normale. **Les origines du socialisme d'état en Allemagne.** 1 vol. in-8. 1897. 7 fr.

AUTRICHE-HONGRIE

ASSELINE (L.). * **Histoire de l'Autriche,** depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3e édit. 3 fr. 50

SAYOUS (Ed.), professeur à la Faculté des lettres de Toulouse. **Histoire des Hongrois** et de leur littérature politique, de 1790 à 1815. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BOURLIER (J.). * **Les Tchèques et la Bohême contemporaine,** avec préface de M. Flourens, ancien ministre des Affaires étrangères. 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50

AUERBACH, professeur à la Faculté des lettres de Nancy. **Les races et les nationalités en Autriche-Hongrie.** 1 vol. in-8, avec une carte hors texte. 1898. 5 fr.

ITALIE

SORIN (Élie). * **Histoire de l'Italie,** depuis 1815 jusqu'à la mort de Victor-Emmanuel. 1 vol. in-12. 1888. 3 fr. 50

GAFFAREL (P.), professeur à la Faculté des lettres de Dijon. * **Bonaparte et les Républiques italiennes** (1796-1799). 1895. 1 vol. in-8. 5 fr.

ESPAGNE

REYNALD (H.). * **Histoire de l'Espagne,** depuis la mort de Charles III jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

RUSSIE

CRÉHANGE (M.), agrégé de l'Université. * **Histoire contemporaine de la Russie**, depuis la mort de Paul Ier jusqu'à l'avènement de Nicolas II (1801-1894). 1 vol. in-12. 2e édit. 1895. 3 fr. 50

SUISSE

DAENDLIKER. * **Histoire du peuple suisse.** Trad. de l'allem. par Mme Jules FAVRE et précédé d'une Introduction de Jules FAVRE. 1 vol. in-8. 5 fr.

GRÈCE & TURQUIE

BÉRARD (V.), docteur ès lettres. * **La Turquie et l'Hellénisme contemporain.** (Ouvrage cour. par l'Acad. française). 1 v. in-12. 2e éd. 1895. 3 fr. 50

AMÉRIQUE

DEBERLE (Alf.). * **Histoire de l'Amérique du Sud**, depuis sa conquête jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3e édit., revue par A. MILHAUD, agrégé de l'Université. 3 fr. 50

BARNI (Jules). * **Histoire des idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle.** 2 vol. in-12. Chaque volume. 3 fr. 50

— * **Les Moralistes français au XVIIIe siècle.** 1 vol. in-12 faisant suite aux deux précédents. 3 fr. 50

BEAUSSIRE (Émile), de l'Institut. **La Guerre étrangère et la Guerre civile.** 1 vol. in-12. 3 fr. 50

BOURDEAU (J.). * **Le Socialisme allemand et le Nihilisme russe.** 1 vol. in-12. 2e édit. 1894. 3 fr. 50

D'EICHTHAL (Eug.). Souveraineté du peuple et gouvernement. 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50

DEPASSE (Hector). Transformations sociales. 1894. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

— Du Travail et de ses conditions (Chambres et Conseils du travail). 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50

DRIAULT (E.). La question d'Orient, préface de G. MONOD, de l'Institut 1 vol. in-8. 1898. 7 fr.

GUÉROULT (G.). * **Le Centenaire de 1789**, évolution polit., philos., artist. et scient. de l'Europe depuis cent ans. 1 vol. in-12. 1889. 3 fr. 50

LAVELEYE (E. de), correspondant de l'Institut. **Le Socialisme contemporain.** 1 vol. in-12. 10e édit. augmentée. 3 fr. 50

LICHTENBERGER (A.). Le Socialisme utopique, étude sur quelques précurseurs du Socialisme. 1 vol. in-12. 1898. 3 fr. 50

— Le Socialisme et la Révolution française. 1 vol. in-8. 5 fr.

MATTER (P.). La dissolution des assemblées parlementaires, étude de droit public et d'histoire. 1 vol. in-8. 1898. 5 fr.

REINACH (Joseph). Pages républicaines. 1894. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

SPULLER (E.). * **Éducation de la démocratie.** 1 vol. in-12. 1892. 3 fr. 50

— L'Évolution politique et sociale de l'Église. 1 vol. in-12. 1893. 3 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE ET POLITIQUE

DESCHANEL (E.), sénateur, professeur au Collège de France. * **Le Peuple et la Bourgeoisie.** 1 vol. in-8. 2e édit. 5 fr.

DU CASSE. **Les Rois frères de Napoléon Ier.** 1 vol. in-8. 10 fr.

LOUIS BLANC. **Discours politiques** (1848-1881). 1 vol. in-8. 7 fr. 50

PHILIPPSON. **La Contre-révolution religieuse au XVIe siècle.** 1 vol. in-8. 10 fr.

HENRARD (P.). **Henri IV et la princesse de Condé.** 1 vol. in-8. 6 fr.

NOVICOW. **La Politique internationale.** 1 fort vol. in-8. 7 fr.

REINACH (Joseph). * **La France et l'Italie devant l'histoire.** 1 vol. in-8. 1893. 5 fr.

LORIA (A.). **Les Bases économiques de la constitution sociale.** 1 vol. in-8. 1893. 7 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

De l'authenticité des épigrammes de Simonide, par Am. Hauvette, professeur adjoint. 1 vol. in-8. 5 fr.

* **Antinomies linguistiques**, par Victor Henry, professeur à la Faculté. 1 vol. in-8. 2 fr.

Mélanges d'histoire du moyen âge, par MM. le Prof. Luchaire, Dupont, Ferrier et Poupardin. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

Études linguistiques sur la Basse-Auvergne, phonétique historique du patois de Vinzelles (Puy-de-Dôme), par Albert Dauzat, préface de M. le Prof. Ant. Thomas. 1 vol. in-8. 6 fr.

De la flexion dans Lucrèce, par A. Cartault, professeur à la Faculté. 1 vol. in-8. 4 fr.

Le treize vendémiaire an IV, par Henry Zivy. 1 vol. in-8, avec 2 pl. hors texte. 1 fr.

TRAVAUX DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE

PAUL FABRE. **La polyptyque du chanoine Benoît — Étude sur un manuscrit de la bibliothèque de Cambrai.** 3 fr. 50

MÉDÉRIC DUFOUR. **Sur la constitution rythmique et métrique du drame grec.** 1re série, 4 fr.; 2e série, 2 fr. 50; 3e série, 2 fr. 50.

A. PINLOCHE. * **Principales œuvres de Herbart.** (Pédagogie générale. — Esquisse de leçons pédagogiques. — Aphorismes et extraits divers). 7 fr. 50

A. PENJON. **Pensée et réalité**, de A. Spir, trad. de l'allem. in-8o. 10 fr.

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Lettres intimes de J.-H. Alberoni adressées au comte J. Rocca, ministre des finances du duc de Parme, par Emile Bourgeois, maître de conférences à l'École normale. 1 vol. in-8. 10 fr.

Sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine, par Arthur Hannequin, professeur à la Faculté des lettres. 1 v. in-8. 7 fr. 50

Saint Ambroise et la morale chrétienne au IVe siècle, par Raymond Thamin, professeur au lycée Condorcet. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

La république des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols, de 1630 à 1650, par A. Waddington, professeur à la Faculté des lettres.

Tome I (1630-42). 1 vol. in-8. 6 fr. — Tome II (1642-50). 1 vol. in-8. 6 fr.

Le Vivarais, essai de géographie régionale, par Burdin. 1 vol. in-8. 1898. 6 fr.

PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES

* **HISTOIRE ILLUSTRÉE DU SECOND EMPIRE**, par Taxile Delord. 6 vol. in-8 colombier avec 500 gravures de Ferat, Fr. Regamey, etc. Chaque vol. broché, 8 fr. — Cart. doré, tr. dorées. 11 fr. 50

HISTOIRE POPULAIRE DE LA FRANCE, depuis les origines jusqu'en 1815. — 4 vol. in-8 colombier avec 1323 gravures. Chaque vol. broché, 7 fr. 50. — Cart. toile, tr. dorées. 11 fr.

* De Saint-Louis à Tripoli

Par le Lac Tchad

Par le Lieutenant-Colonel **MONTEIL**

1 beau volume in-8 colombier, précédé d'une préface de M. de Vogüé, de l'Académie française, illustrations de Riou. 1895. 20 fr.

Ouvrage couronné par l'Académie française (Prix Montyon)

RECUEIL DES INSTRUCTIONS

DONNÉES

AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

DEPUIS LES TRAITÉS DE WESTPHALIE JUSQU'A LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Publié sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques au Ministère des Affaires étrangères.

Beaux volumes in-8 raisin, imprimés sur papier de Hollande, avec Introduction et notes.

I. — **AUTRICHE**, par M. Albert SOREL, de l'Académie française. 20 fr.
II. — **SUÈDE**, par M. A. GEFFROY, de l'Institut..... 20 fr.
III. — **PORTUGAL**, par le vicomte DE CAIX DE SAINT-AYMOUR..... 20 fr.
IV et V. — **POLOGNE**, par M. LOUIS FARGES, 2 vol..... 30 fr.
VI. — **ROME**, par M. G. HANOTAUX, de l'Académie française..... 20 fr.
VII. — **BAVIÈRE, PALATINAT ET DEUX-PONTS**, par M. André LEBON. 25 fr.
VIII et IX. — **RUSSIE**, par M. Alfred RAMBAUD, de l'Institut. 2 vol. Le 1er vol. 20 fr. Le second vol..... 25 fr.
X. — **NAPLES ET PARME**, par M. Joseph REINACH..... 20 fr.
XI. — **ESPAGNE** (1649-1750), par MM. MOREL-FATIO et LÉONARDON (tome I) ..... 20 fr.
XII et XII *bis*. — **ESPAGNE** (1750-1789) (t. II et III), par les mêmes (*sous presse*).
XIII. — **DANEMARK**, par A. GEFFROY, de l'Institut..... 14 fr.
XIV et XV. — **SAVOIE-MANTOUE**, par M. HORRIC de BEAUCAIRE (*sous presse*).

---

*INVENTAIRE ANALYTIQUE

DES

ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

PUBLIÉ

Sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques

I. — **Correspondance politique de MM. de CASTILLON et de MARILLAC, ambassadeurs de France en Angleterre (1538-1540)**, par M. JEAN KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis Farges et Germain Lefèvre-Pontalis. 1 vol. in-8 raisin ..... 15 fr.
II. — **Papiers de BARTHÉLEMY, ambassadeur de France en Suisse**, de 1792 à 1797 (année 1792), par M. Jean KAULEK. 1 vol. in-8 raisin..... 15 fr.
III. — **Papiers de BARTHÉLEMY** (janvier-août 1793), par M. JEAN KAULEK. 1 vol. in-8 raisin..... 15 fr.
IV. — **Correspondance politique de ODET DE SELVE, ambassadeur de France en Angleterre** (1546-1549), par M. G. LEFÈVRE-PONTALIS. 1 vol. in-8 raisin ..... 15 fr.
V. — **Papiers de BARTHÉLEMY** (septembre 1793 à mars 1794), par M. Jean KAULEK. 1 vol. in-8 raisin..... 18 fr.
VI. — **Papiers de BARTHÉLEMY** (avril 1794 à février 1795), par M. JEAN KAULEK. 1 vol. in-8 raisin ..... 20 fr.
VII. — **Papiers de BARTHÉLEMY** (mars 1795 à septembre 1796). *Négociations de la paix de Bâle*, par M. Jean KAULEK. 1 volume in-8 raisin..... 20 fr.

Correspondance des Deys d'Alger avec la Cour de France (1759-1833), recueillie par Eug. PLANTET, attaché au Ministère des Affaires étrangères. 2 vol. in-8 raisin avec 2 planches en taille-douce hors texte. 30 fr.

Correspondance des Beys de Tunis et des Consuls de France avec la Cour (1577-1830), recueillie par Eug. PLANTET, publiée sous les auspices du Ministère des Affaires étrangères. TOME I. In-8 raisin. (*Épuisé.*)
TOME II. 1 fort vol. in-8 raisin..... 20 fr.
TOME III. 1 fort vol. in-8 raisin (*sous presse*).

REVUE PHILOSOPHIQUE

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Dirigée par Th. Ribot, Professeur au Collège de France.

(24e *année*, 1899.)

Paraît tous les mois, par livraisons de 7 feuilles grand in-8, et forme chaque année deux volumes de 680 pages chacun.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris, 30 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison ..... 3 fr.

Les années écoulées, chacune 30 francs, et la livraison, 3 fr.

Première table des matières (1876-1887). 1 vol. in-8..... 3 fr.
Deuxième table des matières (1888-1895). 1 vol. in-8..... 3 fr.

La Revue philosophique n'est l'organe d'aucune secte, d'aucune école en particulier.

Tous les articles de fond sont signés et chaque auteur est responsable de son article. Sans professer un culte exclusif pour l'expérience, la direction, bien persuadée que rien de solide ne s'est fondé sans cet appui, lui fait la plus large part et n'accepte aucun travail qui la dédaigne.

Elle ne néglige aucune partie de la philosophie, tout en s'attachant cependant à celles qui, par leur caractère de précision relative, offrent moins de prise aux désaccords et sont plus propres à rallier toutes les écoles. La *psychologie*, avec ses auxiliaires indispensables, l'*anatomie* et la *physiologie du système nerveux*, la *pathologie mentale*, la *psychologie des races inférieures et des animaux*, les *recherches expérimentales des laboratoires*; — la *logique*; — les *théories générales fondées sur les découvertes scientifiques*; — l'*esthétique*; — les *hypothèses métaphysiques*, tels sont les principaux sujets dont elle entretient le public.

Plusieurs fois par an paraissent des *Revues générales* qui embrassent dans un travail d'ensemble les travaux récents sur une question déterminée: sociologie, morale, psychologie, linguistique, philosophie religieuse, philosophie mathématique, psycho-physique, etc.

La Revue désirant être, avant tout, un organe d'information, a publié depuis sa fondation le compte rendu de plus de quinze cents ouvrages. Pour faciliter l'étude et les recherches, ces comptes rendus sont groupés sous des rubriques spéciales: anthropologie criminelle, esthétique, métaphysique, théorie de la connaissance, histoire de la philosophie, etc., etc. Ces comptes rendus sont, autant que possible, impersonnels, notre but étant de faire connaître le mouvement philosophique contemporain dans toutes ses directions, non de lui imposer une doctrine.

En un mot par la variété de ses articles et par l'abondance de ses renseignements elle donne un tableau complet du mouvement philosophique et scientifique en Europe.

Aussi a-t-elle sa place marquée dans les bibliothèques des professeurs et de ceux qui se destinent à l'enseignement de la philosophie et des sciences ou qui s'intéressent au développement du mouvement scientifique.

REVUE HISTORIQUE

Dirigée par G. MONOD

Membre de l'Institut, maître de conférences à l'Ecole normale
Président de la section historique et philologique à l'Ecole des hautes études

(24e *année*, 1899.)

Paraît tous les deux mois, par livraisons grand in-8° de 15 feuilles et forme par an trois volumes de 500 pages chacun.

CHAQUE LIVRAISON CONTIENT :

I. Plusieurs *articles de fond*, comprenant chacun, s'il est possible, un travail complet. — II. Des *Mélanges et Variétés*, composés de documents inédits d'une étendue restreinte et de courtes notices sur des points d'histoire curieux ou mal connus. — III. Un *Bulletin historique* de la France et de l'étranger, fournissant des renseignements aussi complets que possible sur tout ce qui touche aux études historiques. — IV. Une *Analyse des publications périodiques* de la France et de l'étranger, au point de vue des études historiques. — V. Des *Comptes rendus critiques* des livres d'histoire nouveaux.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris, 30 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison.. ..... 6 fr.

Les années écoulées, chacune 30 francs, le fascicule, 6 francs.
Les fascicules de la 1re année, 9 francs.

Tables générales des matières.

I. — 1876 à 1880...	3 fr.;	pour les abonnés.	1 fr. 50
II. — 1881 à 1885...	3 fr.;	—	1 fr. 50
III. — 1886 à 1890...	5 fr.;	—	2 fr. 50
IV. — 1891 à 1895...	3 fr.;	—	1 fr. 50

ANNALES
DES
SCIENCES POLITIQUES

RECUEIL BIMESTRIEL

Publié avec la collaboration des professeurs et des anciens élèves de l'École libre des sciences politiques

(*Quatorzième année*, 1899)

COMITÉ DE RÉDACTION:

M. Emile BOUTMY, de l'Institut, directeur de l'Ecole; M. ALF. DE FOVILLE, de l'Institut, directeur de la Monnaie; M. R. STOURM, ancien inspecteur des Finances et administrateur des Contributions indirectes; M. Alexandre RIBOT, député, ancien ministre; M. Gabriel ALIX; M. L. RENAULT, professeur à la Faculté de droit; M. André LEBON, ancien ministre des colonies; M. Albert SOREL, de l'Académie française; M. A. VANDAL, de l'Académie française; Aug. ARNAUNÉ, Directeur au ministère des Finances; M. Émile BOURGEOIS, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure; Directeurs des groupes de travail, professeurs à l'Ecole.

Secrétaire de la rédaction : M. A. VIALLATE.

Les sujets traités dans les *Annales* embrassent les matières suivantes: *Economie, politique, finances, statistique, histoire constitutionnelle, droits international, public et privé, droit administratif, législations civile et commerciale privées, histoire législative et parlementaire, histoire diplomatique, géographie économique, ethnographie, etc.*

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Un an (du 15 janvier) : Paris, 18 fr.; départements et étranger, 19 fr.
La livraison, 3 fr. 50.

Les trois premières années (1886–1887–1888) *se vendent chacune* **16** *francs, les livraisons, chacune* **5** *francs, la quatrième année* (1889) *et les suivantes se vendent chacune* **18** *francs, et les livraisons, chacune* **3** *fr.* **50.**

Revue mensuelle de l'École d'Anthropologie de Paris

(9e *année*, 1899)

PUBLIÉE PAR LES PROFESSEURS :

MM. CAPITAN (Anthropologie pathologique), Mathias DUVAL (Anthropogénie et Embryologie), Georges HERVÉ (Ethnologie), J.-V. LABORDE (Anthropologie biologique), André LEFÈVRE (Ethnographie et Linguistique), Ch. LETOURNEAU (Histoire des civilisations), MANOUVRIER (Anthropologie physiologique), MAHOUDEAU (Anthropologie zoologique), SCHRADER (Anthropologie géographique), H. THULIÉ, directeur de l'Ecole.

Cette revue paraît tous les mois depuis le 15 *janvier* 1891, *chaque numéro formant une brochure in-8 raisin de* 32 *pages, et contenant une leçon d'un des professeurs de l'Ecole, avec figures intercalées dans le texte et des analyses et comptes rendus des faits, des livres et des revues périodiques qui doivent intéresser les personnes s'occupant d'anthropologie.*

ABONNEMENT : France et Étranger, **10** fr. — Le Numéro, **1** fr.

ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES

Dirigées par le Dr DARIEX

(9e *année*, 1899)

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES ont pour but de rapporter, avec force preuves à l'appui, toutes les observations sérieuses qui leur seront adressées, relatives aux faits soi-disant occultes : 1° de télépathie, de lucidité, de pressentiment ; 2° de mouvements d'objets, d'apparitions objectives. En dehors de ces chapitres de faits sont publiées des théories se bornant à la discussion des bonnes conditions pour observer et expérimenter ; des analyses, bibliographies, critiques, etc.

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES paraissent tous les deux mois par numéros de quatre feuilles in-8 carré (64 pages), *depuis le* 15 *janvier* 1891.

ABONNEMENT : Pour tous pays, **12** fr. — Le Numéro, **2** fr. **50.**

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Émile ALGLAVE

La *Bibliothèque scientifique internationale* est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant expose les idées qu'il a introduites dans la science et condense pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

On peut ainsi, sans quitter la France, assister et participer au mouvement des esprits en Angleterre, en Allemagne, en Amérique, en Italie, tout aussi bien que les savants mêmes de chacun de ces pays.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles; elle aborde aussi les sciences morales, comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc.; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattachent encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français et en anglais : à Paris, chez Félix Alcan; à Londres, chez C. Kegan, Paul et Cie; à New-York, chez Appleton.

LISTE DES OUVRAGES PAR ORDRE D'APPARITION

91 VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE. CHAQUE VOLUME : 6 FRANCS.

1. J. TYNDALL. * **Les Glaciers et les Transformations de l'eau**, avec figures. 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
2. BAGEHOT. * **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et de l'hérédité. 1 vol. in-8. 5e édition. 6 fr.
3. MAREY. * **La Machine animale**, locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses fig. 1 vol. in-8. 5e édit. augmentée. 6 fr.
4. BAIN. * **L'Esprit et le Corps.** 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
5. PETTIGREW. * **La Locomotion chez les animaux**, marche, natation. 1 vol. in-8, avec figures. 2e édit. 6 fr.
6. HERBERT SPENCER. * **La Science sociale.** 1 v. in-8. 12e édit. 6 fr.
7. SCHMIDT (O.). * **La Descendance de l'homme et le Darwinisme.** 1 vol. in-8, avec fig. 6e édition. 6 fr.
8. MAUDSLEY. * **Le Crime et la Folie.** 1 vol. in-8. 6e édit. 6 fr.
9. VAN BENEDEN. * **Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal.** 1 vol. in-8, avec figures. 3e édit. 6 fr.
10. BALFOUR STEWART. * **La Conservation de l'énergie**, suivi d'une Étude sur la *nature de la force*, par M. P. de SAINT-ROBERT, avec figures. 1 vol. in-8. 5e édition. 6 fr.
11. DRAPER. **Les Conflits de la science et de la religion.** 1 vol. in-8. 9e édition. 6 fr.
12. L. DUMONT. * **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 4e édition. 6 fr.
13. SCHUTZENBERGER. * **Les Fermentations.** 1 vol. in-8, avec fig. 6e édit. 6 fr.
14. WHITNEY. * **La Vie du langage.** 1 vol. in-8. 4e édit. 6 fr.
15. COOKE et BERKELEY. * **Les Champignons.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition. 6 fr.
16. BERNSTEIN. * **Les Sens.** 1 vol. in-8, avec 91 fig. 5e édit. 6 fr.

17. BERTHELOT. * **La Synthèse chimique.** 1 vol. in-8. 8e édit. 6 fr.
18. NIEWENGLOWSKI (H.). * **La photographie et la photochimie.** 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte. 6 fr.
19. LUYS. * **Le Cerveau et ses fonctions,** avec figures. 1 vol. in-8. 7e édition. 6 fr.
20. STANLEY JEVONS. * **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange.** 1 vol. in-8. 5e édition. 6 fr.
21. FUCHS. * **Les Volcans et les Tremblements de terre.** 1 vol. in-8, avec figures et une carte en couleur. 5e édition. 6 fr.
22. GÉNÉRAL BRIALMONT. * **Les Camps retranchés et leur rôle dans la défense des États,** avec fig. dans le texte et 2 planches hors texte. 3e édit. 6 fr.
23. DE QUATREFAGES. * **L'Espèce humaine.** 1 v. in-8. 12e édit. 6 fr.
24. BLASERNA et HELMHOLTZ. * **Le Son et la Musique.** 1 vol. in-8, avec figures. 5e édition. 6 fr.
25. ROSENTHAL. * **Les Nerfs et les Muscles.** 1 vol. in-8, avec 75 figures. 3e édition. *Epuisé.*
26. BRUCKE et HELMHOLTZ. * **Principes scientifiques des beaux-arts.** 1 vol. in-8, avec 39 figures. 4e édition. 6 fr.
27. WURTZ. * **La Théorie atomique.** 1 vol. in-8. 8e édition. 6 fr
28-29. SECCHI (le père). * **Les Étoiles.** 2 vol. in-8, avec 63 figures dans le texte et 17 pl. en noir et en couleur hors texte. 3e édit. 12 fr.
30. JOLY. * **L'Homme avant les métaux.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition. 6 fr.
31. A. BAIN. * **La Science de l'éducation.** 1 vol. in-8. 8e édit. 6 fr.
32-33. THURSTON (R.). * **Histoire de la machine à vapeur,** précédée d'une Introduction par M. HIRSCH. 2 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte et 16 planches hors texte. 3e édition. 12 fr.
34. HARTMANN (R.). * **Les Peuples de l'Afrique.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition. 6 fr.
35. HERBERT SPENCER. * **Les Bases de la morale évolutionniste.** 1 vol. in-8. 5e édition. 6 fr.
36. HUXLEY. * **L'Écrevisse,** introduction à l'étude de la zoologie. 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition. 6 fr.
37. DE ROBERTY. * **De la Sociologie.** 1 vol. in-8. 3e édition. 6 fr.
38. ROOD. * **Théorie scientifique des couleurs.** 1 vol. in-8, avec figures et une planche en couleur hors texte. 2e édition. 6 fr.
39. DE SAPORTA et MARION. * **L'Évolution du règne végétal** (les Cryptogames). 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.
40-41. CHARLTON BASTIAN. * **Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux.** 2 vol. in-8, avec figures. 2e éd. 12 fr.
42. JAMES SULLY. * **Les Illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e édit. 6 fr.
43. YOUNG. * **Le Soleil.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
44. DE CANDOLLE. * **L'Origine des plantes cultivées.** 4e édition. 1 vol. in-8. 6 fr.
45-46. SIR JOHN LUBBOCK. * **Fourmis, abeilles et guêpes.** Études expérimentales sur l'organisation et les mœurs des sociétés d'insectes hyménoptères. 2 vol. in-8, avec 65 figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées. 12 fr.
47. PERRIER (Edm.). **La Philosophie zoologique avant Darwin.** 1 vol. in-8. 3e édition. 6 fr.
48. STALLO. * **La Matière et la Physique moderne.** 1 vol. in-8, 2e éd., précédé d'une Introduction par CH. FRIEDEL. 6 fr.
49. MANTEGAZZA. **La Physionomie et l'Expression des sentiments.** 1 vol. in-8. 3e édit., avec huit planches hors texte. 6 fr.
50. DE MEYER. * **Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage.** 1 vol. in-8, avec 51 figures, précédé d'une Introd. par M. O. CLAVEAU. 6 fr.

51. DE LANESSAN. * **Introduction à l'Étude de la botanique** (le Sapin.) 1 vol. in-8, 2e édit., avec 143 figures dans le texte. 6 fr.
52-53. DE SAPORTA et MARION. * **L'Évolution du règne végétal** (les Phanérogames). 2 vol. in-8, avec 136 figures. 12 fr.
54. TROUESSART. * **Les Microbes, les Ferments et les Moisissures.** 1 vol. in-8, 2e édit., avec 107 figures dans le texte. 6 fr.
55. HARTMANN (R.). * **Les Singes anthropoïdes, et leur organisation comparée à celle de l'homme.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
56. SCHMIDT (O.). * **Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques.** 1 vol. in-8 avec 51 figures. 6 fr.
57. BINET et FÉRÉ. **Le Magnétisme animal.** 1 vol. in-8. 4e édit. 6 fr.
58-59. ROMANES. * **L'Intelligence des animaux.** 2 v. in-8. 2e édit. 12 fr.
60. F. LAGRANGE. **Physiologie des exercices du corps.** 1 vol. in-8. 7e édition. 6 fr.
61. DREYFUS. * **Évolution des mondes et des sociétés.** 1 vol. in-8. 3e édit. 6 fr.
62. DAUBRÉE. * **Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes.** 1 vol. in-8 avec 85 fig. dans le texte. 2e édit. 6 fr.
63-64. SIR JOHN LUBBOCK. * **L'Homme préhistorique.** 2 vol. in-8, avec 228 figures dans le texte. 4e édit. 12 fr.
65. RICHET (Ch.). **La Chaleur animale.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
66. FALSAN (A.). * **La Période glaciaire principalement en France et en Suisse.** 1 vol. in-8, avec 105 figures et 2 cartes. 6 fr.
67. BEAUNIS (H.). **Les Sensations internes.** 1 vol. in-8. 6 fr.
68. CARTAILHAC (E.). **La France préhistorique,** d'après les sépultures et les monuments. 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2e édit. 6 fr.
69. BERTHELOT. * **La Révolution chimique, Lavoisier.** 1 vol. in-8. 6 fr.
70. SIR JOHN LUBBOCK. * **Les Sens et l'instinct chez les animaux,** principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 150 figures. 6 fr.
71. STARCKE. * **La Famille primitive.** 1 vol. in-8. 6 fr.
72. ARLOING. * **Les Virus.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
73. TOPINARD. * **L'Homme dans la Nature.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
74. BINET (Alf.). * **Les Altérations de la personnalité.** 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.
75. DE QUATREFAGES (A.). * **Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. in-8. 2e édition refondue. 6 fr.
76. LEFÈVRE (A.). * **Les Races et les langues.** 1 vol. in-8. 6 fr.
77-78. DE QUATREFAGES. * **Les Émules de Darwin.** 2 vol. in-8 avec préfaces de MM. E. PERRIER et HAMY. 12 fr.
79. BRUNACHE (P.). * **Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad.** 1 vol. in-8, avec figures. 1894. 6 fr.
80. ANGOT (A.). * **Les Aurores polaires.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
81. JACCARD. **Le pétrole, le bitume et l'asphalte** au point de vue géologique. 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.
82. MEUNIER (Stan.). **La Géologie comparée.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
83. LE DANTEC. **Théorie nouvelle de la vie.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
84. DE LANESSAN. **Principes de colonisation.** 1 vol. in-8. 6 fr.
85. DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. **L'évolution régressive en biologie et en sociologie.** 1 vol. in-8 avec gravures. 6 fr.
86. MORTILLET (G. de). **Formation de la Nation française.** 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes. 6 fr.
87. ROCHÉ (G.). **La Culture des Mers** (piscifacture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures. 6 fr.
88. COSTANTIN (J.). **Les Végétaux et les Milieux cosmiques** (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures. 6 fr.
89. LE DANTEC. **L'évolution individuelle et l'hérédité.** 1 vol. in-8. 6 fr.
90. GUIGNET et GARNIER. **La Céramique ancienne et moderne.** 1 vol. avec grav. 6 fr.
91. GELLÉ (E.-M.). **L'audition et ses organes.** 1 v. in-8 avec grav. 6 fr.

LISTE PAR ORDRE DE MATIÈRES

DES 89 VOLUMES PUBLIÉS

DE LA BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Chaque volume in-8, cartonné à l'anglaise..... 6 francs.

SCIENCES SOCIALES

* **Introduction à la science sociale**, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8. 12e édit. 6 fr.
* **Les Bases de la morale évolutionniste**, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8. 4e édit. 6 fr.
Les Conflits de la science et de la religion, par DRAPER, professeur à l'Université de New-York. 1 vol. in-8. 8e édit. 6 fr.
* **Le Crime et la Folie**, par H. MAUDSLEY, professeur de médecine légale à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 5e édit. 6 fr.
* **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange**, par W. STANLEY JEVONS, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 5e édit. 6 fr.
* **La Sociologie**, par DE ROBERTY. 1 vol. in-8. 3e édit. 6 fr.
* **La Science de l'éducation**, par Alex. BAIN, professeur à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 vol. in-8. 7e édit. 6 fr.
* **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de l'hérédité et de la sélection naturelle, par W. BAGEHOT. 1 vol. in-8. 5e édit. 6 fr.
* **La Vie du langage**, par D. WHITNEY, professeur de philologie comparée à Yale-College de Boston (États-Unis). 1 vol. in-8. 3e édit. 6 fr.
* **La Famille primitive**, par J. STARCKE, professeur à l'Université de Copenhague. 1 vol. in-8. 6 fr.

PHYSIOLOGIE

* **Les Illusions des sens et de l'esprit**, par James SULLY. 1 v. in-8. 2e édit. 6 fr.
* **La Locomotion chez les animaux** (marche, natation et vol), par J.-B. PETTIGREW, professeur au Collège royal de chirurgie d'Édimbourg (Écosse). 1 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte. 2e édit. 6 fr.
* **La Machine animale**, par E.-J. MAREY, membre de l'Institut, prof. au Collège de France. 1 vol. in-8, avec 117 figures. 4e édit. 6 fr.
* **Les Sens**, par BERNSTEIN, professeur de physiologie à l'Université de Halle (Prusse). 1 vol. in-8, avec 91 figures dans le texte. 4e édit. 6 fr.
* **Les Organes de la parole**, par H. DE MEYER, professeur à l'Université de Zurich, traduit de l'allemand et précédé d'une introduction sur l'*Enseignement de la parole aux sourds-muets*, par O. CLAVEAU, inspecteur général des établissements de bienfaisance. 1 vol. in-8, avec 51 grav. 6 fr.
La Physionomie et l'Expression des sentiments, par P. MANTEGAZZA, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Florence. 1 vol. in-8, avec figures et 8 planches hors texte. 3e édit. 6 fr.
* **Physiologie des exercices du corps**, par le docteur F. LAGRANGE. 1 vol. in-8. 7e édit. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 6 fr.
La Chaleur animale, par CH. RICHET, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 6 fr.
Les Sensations internes, par H. BEAUNIS. 1 vol. in-8. 6 fr.
* **Les Virus**, par M. ARLOING, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, directeur de l'école vétérinaire. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
Théorie nouvelle de la vie, par F. LE DANTEC, docteur ès sciences, 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
L'évolution individuelle et l'hérédité, par *le même*. 1 vol. in-8. 6 fr.
L'audition et ses organes, par le Docte E.-M. GELLÉ, membre de la Société de biologie. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.

PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

* **Le Cerveau et ses fonctions**, par J. LUYS, membre de l'Académie de médecine, médecin de la Charité. 1 vol. in-8, avec fig. 7e édit. 6 fr.
* **Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux**, par CHARLTON BASTIAN, professeur à l'Université de Londres. 2 vol. in-8, avec 184 fig. dans le texte. 2e édit. 12 fr.
* **Le Crime et la Folie**, par H. MAUDSLEY, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 6e édit. 6 fr.
* **L'Esprit et le Corps**, considérés au point de vue de leurs relations, suivi d'études sur les *Erreurs généralement répandues au sujet de l'esprit*, par Alex. BAIN, prof. à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 v. in-8. 6e éd. 6 fr.
* **Théorie scientifique de la sensibilité : *le Plaisir et la Peine***, par Léon DUMONT. 1 vol. in-8. 3e édit. 6 fr.

* La Matière et la Physique moderne, par STALLO, précédé d'une préface par M. Ch. FRIEDEL, de l'Institut. 1 vol. in-8. 2e édit. 6 fr.
Le Magnétisme animal, par Alf. BINET et Ch. FÉRÉ. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 4e édit. 6 fr.
* L'Intelligence des animaux, par ROMANES. 2 v. in-8. 2e éd. précédée d'une préface de M. E. PERRIER, prof. au Muséum d'histoire naturelle. 12 fr.
* L'Évolution des mondes et des sociétés, par C. DREYFUS. In-8. 6 fr.
L'évolution régressive en biologie et en sociologie, par DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE, prof. des Univ. de Bruxelles. 1 v. in-8, avec grav. 6 fr.
* Les Altérations de la personnalité, par Alf. BINET, directeur du laboratoire de psychologie à la Sorbonne. In-8, avec gravures. 6 fr.

ANTHROPOLOGIE

* L'Espèce humaine, par A. DE QUATREFAGES, de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 vol. in-8. 12e édit. 6 fr.
* Ch. Darwin et ses précurseurs français, par A. DE QUATREFAGES. 1 v. in-8. 2e édition. 6 fr.
* Les Émules de Darwin, par A. DE QUATREFAGES, avec une préface de M. EDM. PERRIER, de l'Institut, et une notice sur la vie et les travaux de l'auteur par E.-T. HAMY, de l'Institut. 2 vol. in-8. 12 fr.
* L'Homme avant les métaux, par N. JOLY, correspondant de l'Institut. 1 vol. in-8, avec 150 gravures. 4e édit. 6 fr.
* Les Peuples de l'Afrique, par R. HARTMANN, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 93 figures dans le texte. 2e édit. 6 fr.
* Les Singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme, par R. HARTMANN, prof. à l'Univ. de Berlin. 1 vol. in-8, avec 63 fig. 6 fr.
* L'Homme préhistorique, par SIR JOHN LUBBOCK, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec 228 gravures dans le texte. 3e édit. 12 fr.
La France préhistorique, par E. CARTAILHAC. In-8, avec 150 gr. 2e édit. 6 fr.
* L'Homme dans la Nature, par TOPINARD, ancien secrétaire général de la Société d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8, avec 101 gravures. 6 fr.
* Les Races et les Langues, par André LEFEVRE, professeur à l'École d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8. 6 fr.
* Le centre de l'Afrique. Autour du Tchad, par P. BRUNACHE, administrateur à Aïn-Fezza (Algérie). 1 vol. in-8 avec gravures. 6 fr.
Formation de la Nation française, par G. de MORTILLET, professeur à l'Ecole d'Anthropologie. In-8, avec 150 grav. et 18 cartes. 6 fr.

ZOOLOGIE

* La Descendance de l'homme et le Darwinisme, par O. SCHMIDT, professeur à l'Université de Strasbourg. 1 vol. in-8, avec figures. 6e édit. 6 fr.
* Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques, par O. SCHMIDT. 1 vol. in-8, avec 51 figures dans le texte. 6 fr.
* Fourmis, Abeilles et Guêpes, par sir JOHN LUBBOCK, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec figures dans le texte, et 13 planches hors texte dont 5 coloriées. 12 fr.
* Les Sens et l'instinct chez les animaux, et principalement chez les insectes, par Sir JOHN LUBBOCK. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
* L'Écrevisse, introduction à l'étude de la zoologie, par Th.-H. HUXLEY, membre de la Société royale de Londres. 1 vol. in-8, avec 82 grav. 6 fr.
* Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal, par P.-J. VAN BENEDEN, professeur à l'Université de Louvain (Belgique). 1 vol. in-8, avec 82 figures dans le texte. 3e édit. 6 fr.
* La Philosophie zoologique avant Darwin, par EDMOND PERRIER, de l'Institut, prof. au Muséum. 1 vol. in-8. 2e édit. 6 fr.
* Darwin et ses précurseurs français, par A. de QUATREFAGES, de l'Institut. 1 vol. in-8. 2e édit. 6 fr.
La Culture des mers en Europe (Pisciculture, piscifacture, ostréiculture), par G. ROCHÉ, insp. gén. des pêches maritimes. In-8, avec 81 grav. 6 fr.

BOTANIQUE — GÉOLOGIE

* Les Champignons, par COOKE et BERKELEY. 1 v. in-8, avec 110 fig. 4e éd. 6 fr.
* L'Évolution du règne végétal, par G. DE SAPORTA et MARION, prof. à la Faculté des sciences de Marseille :
* I. *Les Crytogames*. 1 vol. in-8, avec 85 figures dans le texte. 6 fr.
* II. *Les Phanérogames*. 2 vol. in-8, avec 136 fig. dans le texte. 12 fr.

* **Les Volcans et les Tremblements de terre**, par FUCHS, prof. à l'Univ. de Heidelberg. 1 vol. in-8, avec 36 fig. 5e éd. et une carte en couleur. 6 fr.
* **La Période glaciaire**, principalement en France et en Suisse, par A. FALSAN. 1 vol. in-8, avec 105 gravures et 2 cartes hors texte. 6 fr.
* **Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes**, par A. DAUBRÉE, de l'Institut. 1 vol. in-8, 2e édit., avec 89 gravures. 6 fr.
* **Le Pétrole, le Bitume et l'Asphalte**, par M. JACCARD, professeur à l'Académie de Neuchâtel (Suisse). 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
* **L'Origine des plantes cultivées**, par A. DE CANDOLLE, correspondant de l'Institut. 1 vol. in-8. 4e édit. 6 fr.
* **Introduction à l'étude de la botanique** (*le Sapin*). par J. DE LANESSAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8. 2e édit., avec figures dans le texte. 6 fr.
* **Microbes, Ferments et Moisissures**, par le docteur L. TROUESSART. 1 vol. in-8, avec 108 figures dans le texte. 2e édit. 6 fr.
* **La Géologie comparée**, par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.

Les Végétaux et les milieux cosmiques (adaptation, évolution), par J. COSTANTIN, maître de conférences, à l'École normale supérieure. 1 vol. in-8 avec 171 gravures. 6 fr.

CHIMIE

* **Les Fermentations**, par P. SCHUTZENBERGER, memb. de l'Institut. 1 v. in-8, avec fig. 6e édit. 6 fr.
* **La Synthèse chimique**, par M. BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. 1 vol. in-8. 8e édit. 6 fr.
* **La Théorie atomique**, par Ad. WURTZ, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 8e édit., précédée d'une introduction sur *la Vie et les Travaux* de l'auteur, par M. Ch. FRIEDEL, de l'Institut. 6 fr.

La Révolution chimique (*Lavoisier*), par M. BERTHELOT. 1 vol. in-8. 6 fr.

* **La Photographie et la Photochimie**, par H. NIEWENGLOWSKI. 1 vol. avec gravures et une planche hors texte. 6 fr.

ASTRONOMIE — MÉCANIQUE

* **Histoire de la Machine à vapeur, de la Locomotive et des Bateaux à vapeur**, par R. THURSTON, professeur à l'Institut technique de Hoboken, près de New-York, revue, annotée et augmentée d'une introduction par M. HIRSCH, professeur à l'École des ponts et chaussées de Paris. 2 vol. in-8, avec 160 figures et 16 planches hors texte. 3e édit. 12 fr.
* **Les Etoiles**, notions d'astronomie sidérale, par le P. A. SECCHI, directeur de l'Observatoire du Collège Romain. 2 vol. in-8, avec 68 figures dans le texte et 16 planches en noir et en couleurs. 2e édit. 12 fr.
* **Le Soleil**, par C.-A. YOUNG, professeur d'astronomie au Collège de New-Jersey. 1 vol. in-8, avec 87 figures. 6 fr.
* **Les Aurores polaires**, par A. ANGOT, membre du Bureau central météorologique de France. 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.

PHYSIQUE

La Conservation de l'énergie, par BALFOUR STEWART, prof. de physique au collège Owens de Manchester (Angleterre). 1 vol. in-8 avec fig. 4e édit. 6 fr.

* **Les Glaciers et les Transformations de l'eau**, par J. TYNDALL, suivi d'une étude sur le même sujet, par HELMHOLTZ, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec fig. et 8 planches hors texte. 5e édit. 6 fr.
* **La Matière et la Physique moderne**, par STALLO, précédé d'une préface par Ch. FRIEDEL, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 2e édit. 6 fr.

THÉORIE DES BEAUX-ARTS

* **Le Son et la Musique**, par P. BLASERNA, prof. à l'Université de Rome, prof. à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 41 fig. 4e édit. 6 fr.
* **Principes scientifiques des Beaux-Arts**, par E. BRUCKE, professeur à l'Université de Vienne. 1 vol. in-8, avec fig. 4e édit. 6 fr.
* **Théorie scientifique des couleurs** et leurs applications aux arts et à l'industrie, par O. N. ROOD, professeur à Colombia-College de New-York. 1 vol. in-8, avec 130 figures et une planche en couleurs. 6 fr.

La Céramique ancienne et moderne, par MM. GUIGNET, directeur des teintures à la Manufacture des Gobelins, et GARNIER, directeur du Musée de la Manufacture de Sèvres. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.

RÉCENTES PUBLICATIONS

HISTORIQUES, PHILOSOPHIQUES ET SCIENTIFIQUES

qui ne se trouvent pas dans les collections précédentes.

ALAUX. **Esquisse d'une philosophie de l'être.** In-8. 1 fr.
— **Les Problèmes religieux au XIXe siècle.** 1 vol. in-8. 7 fr. 50
— **Philosophie morale et politique,** in-8. 1893. 7 fr. 50
— **Théorie de l'âme humaine.** 1 vol. in-8. 1895. 10 fr. (Voy. p. 2.)
ALTMEYER (J.-J.). **Les Précurseurs de la réforme aux Pays-Bas.** 2 forts volumes in-8. 12 fr.
AMIABLE (Louis). **Une loge maçonnique d'avant 1789.** (La loge des Neuf-Sœurs.) 1 vol. in-8. 1897. 6 fr.
ANSIAUX (M.). **Heures de travail et salaires,** étude sur l'amélioration directe de la condition des ouvriers industriels. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.
ARNAUNÉ (A.). **La monnaie, le crédit et le change.** in-8. 7 fr.
ARRÉAT. **Une Éducation intellectuelle.** 1 vol. in-18. 2 fr. 50
— **Journal d'un philosophe.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 2 et 5.)
AZAM. **Hypnotisme et double conscience,** avec préfaces et lettres de MM. PAUL BERT, CHARCOT et RIBOT. 1 vol. in-8. 1893. 9 fr.
BAETS (Abbé M. de). **Les Bases de la morale et du droit.** In-8. 6 fr.
BALFOUR STEWART et TAIT. **L'Univers invisible.** 1 vol. in-8. 7 fr.
BARBÉ (É.). **Le nabab René Madec.** Histoire diplomatique des projets de la France sur le Bengale et le Pendjab (1772-1808). 1894. 1 vol. in-8. 5 fr.
BARNI. **Les Martyrs de la libre pensée.** 1 vol. in-18. 2e édit. 3 fr. 50 (Voy. p. 5 ; KANT, p. 10; p. 15 et 31.)
BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. (Voy. pages 2, 5 et 9, ARISTOTE.)
— ***Victor Cousin,** sa vie, sa correspondance. 3 vol. in-8. 1895. 30 fr.
BAUTAIN (Abbé). **La Philosophie morale.** 2 vol. in-8. 12 fr.
BEAUNIS (H.). **Impressions de campagne** (1870-1871). In-18. 3 fr. 50
BÉNARD (Ch.). **Philosophie dans l'éducation classique.** In-8. 6 fr. (Voy. p. 9, ARISTOTE et PLATON; p. 10, HEGEL.)
BLANQUI. **Critique sociale.** 2 vol. in-18. 7 fr.
BLONDEAU (C.). **L'absolu et sa loi constitutive.** 1 vol. in-8. 1897. 6 fr.
BOILLEY (P.). **La Législation internationale du travail.** In-12. 3 fr.
— **Les trois socialismes** : anarchisme, collectivisme, réformisme. 3 fr. 50
BOURDEAU (Louis). **Théorie des sciences.** 2 vol. in-8. 20 fr.
— **La Conquête du monde animal.** In-8. 5 fr.
— **La Conquête du monde végétal.** In-8. 1893. 5 fr.
— **L'Histoire et les historiens.** 1 vol. in-8. 7 fr. 50
— ***Histoire de l'alimentation.** 1894. 1 vol. in-8. 5 fr. (V. p. 5.)
BOURDET (Eug.). **Principes d'éducation positive.** In-18. 3 fr. 50
— **Vocabulaire de la philosophie positive.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
BOUTROUX (Em.). ***De l'idée de loi naturelle dans la science et la philosophie.** 1 vol. in-8. 1895. 2 fr. 50. (V. p. 2 et 5.)
BOUSREZ (L.). **L'Anjou aux âges de la Pierre et du Bronze.** 1 vol. gr. in-8, avec pl. h. texte. 1897. 3 fr. 50
BUNGE (N.-Ch.). **Esquisses de littérature politico-économique.** 1 vol. in-8. 1898. 7 fr. 50
CARDON (G.). ***Les Fondateurs de l'Université de Douai.** In-8. 10 fr.
CASTELLAR (Emilio). **La politique européenne.** 2 vol. in-8. 1896, 1898, Chacun. 3 fr.
CLAMAGERAN. **La Réaction économique et la démocratie.** 1 v. in-8. 1891. 1 fr. 25
— **La lutte contre le mal.** 1 vol. in-18. 1897. 3 fr. 50
COIGNET (Mme). ***Victor Considérant,** sa vie et son œuvre. in-8. 2 fr.

COLLIGNON (A.). *Diderot, sa vie et sa correspondance. In-12. 1895. 3 fr. 50
COMBARIEU (J.). *Les rapports de la musique et de la poésie considérés au point de vue de l'expression. 1893. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
COSTE (Ad.). Hygiène sociale contre le paupérisme. In-8. 6 fr.
— Nouvel exposé d'économie politique et de physiologie sociale. In-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 2 et 32.)
COUTURAT (Louis). *De l'infini mathématique. In-8. 1896. 12 fr.
DAURIAC. Croyance et réalité. 1 vol. in-18. 1889. 3 fr. 50
— Le Réalisme de Reid. In-8. 1 fr. (V. p. 2.)
DELBŒUF. De la loi psychophysique. In-18. 3 fr. 50 (V. p. 2.)
DENEUS. De la réserve héréditaire des enfants. In-8. 5 fr.
DENIS (Abbé Ch.). Esquisse d'une apologie du Christianisme dans les limites de la nature et de la révélation. 1 vol. in-12. 1898. 4 fr.
DERAISMES (Mlle Maria). Œuvres complètes:
— Tome I. France et progrès. — Conférences sur la noblesse. 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50. — Tome II. Eve dans l'humanité. — Les droits de l'enfant. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50. — Tome III. Nos principes et nos mœurs. — L'ancien devant le nouveau. 1 vol. in-12. 1896. — Tome IV. Lettre au clergé français. Polémique religieuse. 1 vol. in-12. 1898. Chaque volume 3 fr. 50
DESCHAMPS. La Philosophie de l'écriture. 1 vol. in-8. 1892. 3 fr.
DESDOUITS. La philosophie de l'inconscient. 1893. 1 vol. in-8. 3 fr.
DOLLFUS (Ch.). Lettres philosophiques. In-18. 3 fr.
— Considérations sur l'histoire. In-8. 7 fr. 50
— L'Ame dans les phénomènes de conscience. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
DROZ (Numa). Etudes et portraits politiques. 1 vol. in-8. 1895. 7 fr. 50
— Essais économiques. 1 vol. in-8. 1896. 7 fr. 50
— La démocratie fédérative et le socialisme d'État. In-12. 1 fr.
DUBUC (P.). *Essai sur la méthode en métaphysique. 1 vol. in-8. 5 fr.
DU CASSE (le Baron). Le 5e corps de l'armée d'Italie en 1859. Br. gr. in-8. 1898. 2 fr.
DUGAS (L.). *L'amitié antique, d'après les mœurs et les théories des philosophes. 1 vol. in-8. 1895. 7 fr. 50 (V. p. 2.)
DUNAN. *Sur les formes à priori de la sensibilité. 1 vol. in-8. 5 fr.
— Les Arguments de Zénon d'Élée contre le mouvement. 1 br. in-8. 1 fr. 50 (V. p. 2.)
DUVERGIER DE HAURANNE (Mme E.). Histoire populaire de la Révolution française. 1 vol. in-18. 4e édit. 3 fr. 50
Éléments de science sociale. 1 vol. in-18. 4e édit. 3 fr. 50
ESPINAS (A.). Les Origines de la technologie. 1 vol. in-8. 1897. 5 fr.
FABRE (J.). Hist. de la philosophie. Antiquité et Moyen âge. In-12. 3 fr. 50
FEDERICI. Les Lois du progrès. 2 vol. in-8. Chacun. 6 fr.
FERRÈRE (F.). La situation religieuse de l'Afrique romaine depuis la fin du IVe siècle jusqu'à l'invasion des Vandales. 1 v. in-8. 1898. 7 fr. 50
FERRIÈRE (Em.). Les Apôtres, essai d'histoire religieuse. 1 vol. in-12. 4 fr. 50
— L'Ame est la fonction du cerveau. 2 volumes in-18. 7 fr.
— Le Paganisme des Hébreux jusqu'à la captivité de Babylone. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
— La Matière et l'énergie. 1 vol. in-18. 4 fr. 50
— L'Ame et la vie. 1 vol. in-18. 4 fr. 50
— Les Erreurs scientifiques de la Bible. 1 vol. in-18. 1891. 3 fr. 50
— Les Mythes de la Bible. 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50
— La cause première d'après les données expérimentales. 1 vol. in-18. 1896. 3 fr. 50
— Étymologie de 100 prénoms usités en France. 1 vol. in-18. 1898. 1 fr. 50 (Voy. p. 32.
FLEURY (Maurice de). Introduction à la médecine de l'Esprit. 1 vol. in-8, 5e éd. 1898. 7 fr. 50
FLOURNOY. Des phénomènes de synopsie. In-8. 1893. 6 fr.

GAYTE (Claude). **Essai sur la croyance.** 1 vol. in-8. 3 fr.
GOBLET D'ALVIELLA. **L'Idée de Dieu**, d'après l'anthr. et l'histoire. In-8. 6 f.
GOURD. **Le Phénomène.** 1 vol. in-8. 7 fr. 50
GREEF (Guillaume de). **Introduction à la Sociologie.** 2 vol. in-8. 10 fr.
— **L'évolution des croyances et des doctrines politiques.** 1 vol. in-12. 1895. 4 fr. (V. p. 6.)
GRIMAUX (Ed.). ***Lavoisier** (1748-1794), d'après sa correspondance et divers documents inédits. 1 vol. gr. in-8, avec gravures. 2e éd. 1896. 15 fr.
GRIVEAU (M.). **Les Éléments du beau.** Préface de M. SULLY-PRUDHOMME. In-18, avec 60 fig. 1893. 4 fr. 50
GUILLY. **La Nature et la Morale.** 1 vol. in-18. 2e édit. 2 fr. 50
GUYAU. **Vers d'un philosophe.** In-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 3, 6 et 9.)
GYEL (le Dr E.). **L'être subconscient.** 1 vol. in-8. 4 fr.
HAURIOU (M.). **La science sociale traditionnelle.** 1 v. in-8. 1896. 7 fr. 50
HALLEUX (J.). **Les principes du positivisme contemporain**, exposé et critique. (Ouvrage récompensé par l'Institut). 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50
HARRACA (J.-M.). **Contributions à l'étude de l'Hérédité et des principes de la formation des races.** 1 vol. in-18. 1898. 2 fr.
HIRTH (G.). **La Vue plastique, fonction de l'écorce cérébrale.** In-8. Trad. de l'allem. par L. ARRÉAT, avec grav. et 34 pl. 8 fr. (Voy. p. 6.)
— **Les localisations cérébrales en psychologie. Pourquoi sommes-nous distraits?** 1 vol. in-8. 1895. 2 fr.
HOCQUART (E.). **L'Art de juger le caractère des hommes sur leur écriture**, préface de J. CRÉPIEUX-JAMIN. Br. in-8. 1898. 1 fr.
HUXLEY.* **La Physiographie**, introduction à l'étude de la nature, traduit et adapté par M. G. LAMY. 1 vol. in-8. 3e éd., avec fig. 8 fr. (V. p. 6, 21 et 32.)
ICARD (S.). **Paradoxes ou vérités.** 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50
JOYAU. **De l'Invention dans les arts et dans les sciences.** 1 v. in-8. 5 fr.
— **Essai sur la liberté morale.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
— **La Théorie de la grâce et la liberté morale.** In-8. 2 fr. 50
KAUFMAN. **Étude de la cause finale et son importance au temps présent.** Trad. de l'allem. par Deiber. In-12. 1898. 2 fr. 50
KINGSFORD (A.) et MAITLAND (E.). **La Voie parfaite ou le Christ ésotérique**, précédé d'une préface d'Edouard SCHURÉ. 1 vol. in-8. 1892. 6 fr.
KUMS (A.). **Les choses naturelles dans Homère.** 1 vol. in-8. 1897. 5 fr.
LABORDE. **Les Hommes et les Actes de l'Insurrection de Paris** devant la psychologie morbide. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
LAURENT (O.). **Les Universités des deux mondes.** In-12. 3 fr. 50
LAVELEYE (Em. de). **De l'avenir des peuples catholiques.** In-8. 25 c.
— **L'Italie actuelle.** In-18. 3 fr. 50
— **L'Afrique centrale.** 1 vol. in-12. 3 fr.
— **Essais et Études.** Première série (1861-1875). 1 vol. in-8. 7 fr. 50. — Deuxième série (1875-1882). 1 vol. in-8. 7 fr. 50. — Troisième série (1892-1894). 1 vol. in-8. 7 fr. 50 (Voy. p. 7 et 15.)
LÉGER (C.). **La liberté intégrale**, esquisse d'une théorie des lois républicaines. 1 vol. in-12. 1896. 1 fr. 50
LETAINTURIER (J.). **Le socialisme devant le bon sens.** in-18. 1 fr. 50
LEVY (Albert). ***Psychologie du caractère.** In-8. 1896. 5 fr.
LÉVY (le Dr P.-E.). **L'éducation rationnelle de la volonté.** 1 vol. in-8. 1898. 4 fr.
LICHTENBERGER (A.). **Le socialisme au XVIIIe siècle.** Études sur les idées socialistes dans les écrivains français au XVIIIe siècle, avant la Révolution. 1 vol. in-8. 1895. 7 fr. 50 (Voy. p. 15.)
LOURBET (J.). **La femme devant la science contemporaine.** 1 vol. in-12. 1895. 2 fr. 50
MABILLEAU (L.). ***Histoire de la philosophie atomistique.** 1 vol. in-8. 1895. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 12 fr.
MANACÉINE (Marie de). **L'anarchie passive et le comte Léon Tolstoï.** 1 vol. in-18. 2 fr.

BIBLIOTHÈQUE UTILE

120 VOLUMES PARUS

Le volume de 192 pages, broché, 60 centimes.

Cartonné à l'anglaise, 1 fr.

La plupart des livres de cette collection ont été adoptés par le *Ministère de l'Instruction publique* pour les Bibliothèques des Lycées et Collèges de garçons et de jeunes filles, celles des Écoles normales, les Bibliothèques populaires et scolaires.

Les livres adoptés par la Commission consultative des Bibliothèques des Lycées sont marqués d'un astérisque.

HISTOIRE DE FRANCE

Les Mérovingiens, par BUCHEZ.

Les Carlovingiens, par BUCHEZ.

Les Luttes religieuses des premiers siècles, par J. BASTIDE. 4e édit.

Les Guerres de la Réforme, par J. BASTIDE. 4e édit.

La France au moyen âge, par F. MORIN.

Jeanne d'Arc, par Fréd. LOCK.

Décadence de la monarchie française, par Eug. PELLETAN, sénateur. 4e édit.

La Révolution française, par H. CARNOT (2 volumes).

La Défense nationale en 1792, par P. GAFFAREL, professeur à la Faculté des lettres de Dijon.

Napoléon Ier, par Jules BARNI. 3e édit.

Histoire de la Restauration, par Fréd. LOCK. 3e édit.

Histoire de Louis-Philippe, par Edgar ZEVORT, recteur de l'Académie de Caen. 2e édit.

Mœurs et Institutions de la France, par P. BONDOIS, prof. au lycée Buffon, 2 vol.

Léon Gambetta, par J. REINACH.

Histoire de l'armée française, par L. BÈRE.

Histoire de la marine française, par DONEAUD, prof. à l'École navale, 2e édit.

Histoire de la conquête de l'Algérie, par QUESNEL.

Les Origines de la guerre de 1870, par Ch. DE LARIVIÈRE.

Histoire de la littérature française, par Georges MEUNIER, agrégé de l'Université.

Histoire de l'Art ancien et moderne, par le même.

PAYS ÉTRANGERS

L'Espagne et le Portugal, par E. RAYMOND. 2e édition.

Histoire de l'Empire ottoman, par L. COLLAS. 2e édition.

Les Révolutions d'Angleterre, par Eug. DESPOIS. 3e édition.

Histoire de la maison d'Autriche, par Ch. ROLLAND. 2e édition.

L'Europe contemporaine (1789-1879), par P. BONDOIS, prof. au lycée Buffon.

Histoire contemporaine de la Prusse, par Alfr. DONEAUD.

Histoire contemporaine de l'Italie, par Félix HENNEGUY.

Histoire contemporaine de l'Angleterre, par A. REGNARD.

HISTOIRE ANCIENNE

La Grèce ancienne, par L. COMBES.

L'Asie occid. et l'Égypte, par A. OTT.

L'Inde et la Chine, par A. OTT.

Histoire romaine, par CREIGHTON.

L'Antiquité romaine, par WILKINS.

L'Antiquité grecque, par MAHAFFY.

GÉOGRAPHIE

Torrents, fleuves et canaux de la France, par H. BLERZY.

Les Colonies anglaises, par H. BLERZY.

Les Iles du Pacifique, par le capitaine de vaisseau JOUAN (avec une carte).

Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique, par GIRARD DE RIALLE.

Les Peuples de l'Asie et de l'Europe, par GIRARD DE RIALLE.

L'Indo-Chine française, par FAQUE.

Géographie physique, par GEIKIE.

Continents et Océans, par GROVE (avec figures).

Les Frontières de la France, par P. GAFFAREL, prof. à la Faculté de Dijon.

L'Afrique française, par A. JOYEUX.

Madagascar, par A. MILHAUD, prof. agrégé d'histoire et de géographie (avec carte).

Les grands ports de commerce, par D. BELLET.

COSMOGRAPHIE

Les Entretiens de Fontenelle sur la pluralité des mondes, mis au courant de la science, par BOILLOT.

Le Soleil et les Étoiles, par le P. SECCHI, BRIOT, WOLF et DELAUNAY. 2e édition (avec figures).

Les Phénomènes célestes, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

A travers le ciel, par AMIGUES, proviseur du lycée de Toulon.

Origines et Fin des mondes, par Ch. RICHARD. 3e édition.

Notions d'astronomie, par L. CATALAN. 4e édition (avec figures).

SCIENCES APPLIQUÉES

Le Génie de la science et de l'industrie, par B. GASTINEAU.

Causeries sur la mécanique, par BROTHIER. 2e édit.

Médecine populaire, par le Dr TURCK.

La Médecine des accidents, par le Dr BROQUIER.

Les Maladies épidémiques (Hygiène et Prévention), par le Dr L. MONIN.

Hygiène générale, par le Dr CRUVEILHIER.

La tuberculose, son traitement hygiénique, par P. MERKLEN, interne des hôpitaux.

Petit Dictionnaire des falsifications, par DUFOUR, pharmacien de 1re classe.

L'Hygiène de la cuisine, par le Dr LAUMONIER.

Les Mines de la France et de ses colonies, par P. MAIGNE.

Les Matières premières et leur emploi, par le Dr H. GENEVOIX, pharmacien de 1re cl.

Les Procédés industriels, du même.

La Photographie, par H. GOSSIN.

La Machine à vapeur, du même (avec fig.).

La Navigation aérienne, par G. DALLET.

L'Agriculture française, par A. LARBALÉTRIER, prof. d'agriculture (avec figures).

La Culture des plantes d'appartement, par A. LARBALÉTRIER (avec figures).

La Viticulture nouvelle, par A. BERGET.

Les Chemins de fer, p. G. MAYER (av. fig.).

Les grands ports maritimes de commerce, par D. BELLET (avec figures).

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Télescope et Microscope, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

Les Phénomènes de l'atmosphère, par ZURCHER. 7e édit.

Histoire de l'air, par ALBERT-LÉVY.

Histoire de la terre, par BROTHIER.

Principaux faits de la chimie, par BOUANT, prof. au lycée Charlemagne.

Les Phénomènes de la mer, par E. MARGOLLÉ. 5e édit.

L'Homme préhistorique, par ZABOROWSKI. 2e édit.

Les Mondes disparus, du même.

Les grands Singes, du même.

Histoire de l'eau, par BOUANT, prof. au lycée Charlemagne (avec grav.).

Introduction à l'étude des sciences physiques, par MORAND. 5e édit.

Le Darwinisme, par E. FERRIÈRE.

Géologie, par GEIKIE (avec figures).

Les Migrations des animaux et le Pigeon voyageur, par ZABOROWSKI.

Premières Notions sur les sciences, par Th. HUXLEY.

La Chasse et la Pêche des animaux marins, par JOUAN.

Zoologie générale, par H. BEAUREGARD.

Botanique générale, par E. GÉRARDIN, (avec figures).

La Vie dans les mers, par H. COUPIN.

Les Insectes nuisibles, par A. ACLOQUE.

PHILOSOPHIE

La Vie éternelle, par ENFANTIN. 2e éd.

Voltaire et Rousseau, par E. NOEL. 3e éd.

Histoire populaire de la philosophie, par L. BROTHIER. 3e édit.

La Philosophie zoologique, par Victor MEUNIER. 3e édit.

L'Origine du langage, par ZABOROWSKI.

Physiologie de l'esprit, par PAULHAN (avec figures).

L'Homme est-il libre? par G. RENARD.

La Philosophie positive, par le docteur ROBINET. 2e édition.

ENSEIGNEMENT. — ÉCONOMIE DOMESTIQUE

De l'Éducation, par H. SPENCER. 8e édit.

La Statistique humaine de la France, par Jacques BERTILLON.

Le Journal, par HATIN.

De l'Enseignement professionnel, par CORBON. 3e édit.

Les Délassements du travail, par Maurice CRISTAL. 2e édit.

Le Budget du foyer, par H. LENEVEUX.

Paris municipal, par H. LENEVEUX.

Histoire du travail manuel en France, par H. LENEVEUX.

L'Art et les Artistes en France, par Laurent PICHAT, sénateur. 4e édit.

Premiers principes des beaux-arts, par J. COLLIER (avec gravures).

Économie politique, par STANLEY JEVONS.

Le Patriotisme à l'école, par JOURDY, colonel d'artillerie.

Histoire du libre-échange en Angleterre, par MONGREDIEN.

Économie rurale et agricole, par PETIT.

La Richesse et le Bonheur, par Ad. COSTE.

Alcoolisme ou épargne, le dilemme social, par Ad. COSTE.

L'Alcool et la lutte contre l'alcoolisme, par les Drs SÉRIEUX et MATHIEU.

Les plantes d'appartement, de fenêtres et de balcons, par A. LARBALÉTRIER.

DROIT

La Loi civile en France, par MORIN, 3e édit.

La Justice criminelle en France, par G. JOURDAN. 3e édit.

L.-Imprimeries réunies, rue Saint-Benoît, 7, Paris. — 11070.

MAINDRON (Ernest). ***L'Académie des sciences** (Histoire de l'Académie; fondation de l'Institut national; Bonaparte, membre de l'Institut). 1 beau vol. in-8 cavalier, avec 53 gravures dans le texte, portraits, plans, etc. 8 planches hors texte et 2 autographes. 12 fr.

MALON (Benoît). **Le Socialisme intégral.** Première partie : *Histoire des théories et tendances générales.* Grand in-8, 2e éd. 6 fr. — Deuxième partie : *Des réformes possibles et des moyens pratiques.* Grand in-8. 6 fr.

— **Précis théorique, historique et pratique de socialisme** (lundis socialistes). 1 vol. in-12. 1892. 3 fr. 50

MARSAUCHE (L.). **La Confédération helvétique d'après la constitution,** préface de M. Frédéric Passy. 1 vol. in-18. 1891. 3 fr. 50

MERCIER (Mgr). **Les origines de la psychologie contemporaine.** In-12. 1898. 5 fr.

MISMER (Ch.). **Principes sociologiques.** 1 vol. in-8. 2e éd. 1897. 5 fr.

MORIAUD (P.). **La question de la liberté et la conduite humaine.** 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50

MOSSO (A.). **L'éducation physique de la jeunesse.** 1 vol. in-12, cart., préface du commandant Legros. 1895. 4 fr.

NAUDIER (Fernand). **Le socialisme et la révolution sociale.** 1894. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

NETTER (A.). **La Parole intérieure et l'âme.** 1 vol. in-18. 2 fr. 50

NIZET. **L'Hypnotisme,** étude critique. 1 vol. in-12. 1892. 2 fr. 50

NOTOVITCH. **La Liberté de la volonté.** In-18. 3 fr. 50

NOVICOW (J.). **La Question d'Alsace-Lorraine,** critique du point de vue allemand. in-8. 1895. 1 fr. (V. p. 4, 7 et 15.)

NYS (Ernest). **Les Théories politiques et le droit international.** 1 vol. in-8. 1891. 4 fr.

PARIS (comte de). **Les Associations ouvrières en Angleterre** (Trades-unions). 1 vol. in-18. 7e édit. 1 fr. — Édition sur papier fort. 2 fr. 50

PAULHAN (Fr.). **Le Nouveau mysticisme.** 1 vol. in-18. 1891. 2 fr. 50 (Voy. p. 4, 7 et 32.)

PELLETAN (Eugène). ***La Naissance d'une ville** (Royan). In-18. 2 fr.

— ***Jarousseau, le pasteur du désert.** 1 vol. in-18. 2 fr.

— ***Un Roi philosophe : Frédéric le Grand.** In-18. 3 fr. 50

— **Droits de l'homme.** 1 vol. in-12. 3 fr. 50

— **Profession de foi du XIXe siècle.** In-12. 3 fr. 50 (V. p. 31.)

PEREZ (Bernard). **Thiery Tiedmann. Mes deux chats.** In-12. 2 fr.

— **Jacotot et sa Méthode d'émancipation intellect.** In-18. 3 fr.

— **Dictionnaire abrégé de philosophie.** 1893. in-12. 1 fr. 50 (V. p. 7.)

PHILBERT (Louis). **Le Rire.** In-8. (Cour. par l'Académie française.) 7 fr. 50

PHILIPPE (J.). **Lucrèce dans la théologie chrétienne** du IIIe au XIIIe siècle. 1 vol. in-8. 1896. 2 fr. 50

PIAT (Abbé C.). **L'Intellect actif ou Du rôle de l'activité mentale dans la formation des idées.** 1 vol. in-8. 3 fr. (V. p. 7.)

PICARD (Ch.). **Sémites et Aryens** (1893). In-18. 1 fr. 50

PICAVET (F.). **L'Histoire de la philosophie,** ce qu'elle a été, ce qu'elle peut être. In-8. 2 fr.

— **La Mettrie et la critique allemande.** 1889. In-8. 1 fr. (V. p. 8.)

PICTET (Raoul). **Étude critique du matérialisme et du spiritualisme par la physique expérimentale.** 1 vol. gr. in-8. 1896. 10 fr.

POEY. **Le Positivisme.** 1 fort vol. in-12. 4 fr. 50

— **M. Littré et Auguste Comte.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50

PORT. **La Légende de Cathelineau.** In-8. 5 fr.

POULLET. **La Campagne de l'Est** (1870-1871). In-8, avec cartes. 7 fr.

***Pour et contre l'enseignement philosophique,** par MM. VANDEREM (Fernand), RIBOT (Th.), BOUTROUX (F.), MARION (H.), JANET (P.) et FOUILLÉE (A.) de l'Institut; MONOD (G.), LYON (Georges), MARILLIER (L.), CLAMADIEU (abbé), BOURDEAU (J.), LAGAZE (G.), TAINE (H.). 1894. In-18. 2 fr.

PREAUBERT. **La vie, mode de mouvement**. essai d'une théorie physique des phénomènes vitaux. 1 vol. in-8, 1897. 5 fr.
PRINS (Adolphe). **L'organisation de la liberté et le devoir social**. 1 vol in-8. 1895. 4 fr.
PUJO (Maurice). * **Le règne de la grâce. L'idéalisme intégral**. 1894. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
RIBOT (Paul). **Spiritualisme et Matérialisme**. 2e éd. 1 vol. in-8. 6 fr.
RUTE (Marie-Letizia de). **Lettres d'une voyageuse**. Vienne, Budapest, Constantinople. 1 vol. in-8. 1896. 3 fr.
SANDERVAL (O. de). **De l'Absolu**. La loi de vie. 1 vol. in-8. 2e éd. 5 fr.
— **Kahel. Le Soudan français**. In-8, avec gravures et cartes. 8 fr.
SECRÉTAN (Ch.). **Études sociales**. 1889. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
— **Les Droits de l'humanité**. 1 vol. in-18. 1891. 3 fr. 50
— **La Croyance et la civilisation**. 1 vol. in-18. 2e édit. 1891. 3 fr. 50
— **Mon Utopie**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
— **Le Principe de la morale**. 1 vol. in-8. 2e éd. 7 fr. 50
— **Essais de philosophie et de littérature**. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50
SECRÉTAN (H.). **La Société et la morale**. 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50
SÉE (Paul). **La question monétaire**. Br. gr. in-8. 1898. 2 fr.
SILVA WHITE (Arthur). **Le développement de l'Afrique**. 1894. 1 fort vol. in-8 avec 15 cartes en couleurs hors texte. 10 fr.
SOLOWEITSCHIK (Leonty). **Un prolétariat méconnu**, étude sur la situation sociale et économique des juifs. 1 vol. in-8. 1898. 2 fr. 50
SOREL (Albert). **Le Traité de Paris du 20 novembre 1815**. In-8. 4 fr. 50
SPIR (A.). **Esquisses de philosophie critique**. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
STOCQUART (Emile). **Le contrat de travail**. In-12. 1895. 3 fr.
STRADA (J.). **La loi de l'histoire**. 1 vol. in-8. 1894. 5 fr.
— **Jésus et l'ère de la science**. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.
— **Ultimum organum**, constitution scientifique de la méthode générale. Nouvelle édition. 2 vol. in-12. 1897. 7 fr.
— **La religion de la science et de l'esprit pur**, constitution scientifique de la religion. 2 vol. in-8. 1897. Chacun séparément. 7 fr.
TERQUEM (A.). **Science romaine à l'époque d'Auguste**. in-8. 3 fr.
THURY. **Le chômage moderne**, causes et remèdes. 1 v. in-12. 1895. 2 fr. 50
TISSOT. **Principes de morale**. 1 vol. in-8. 6 fr. (Voy. KANT, p. 10.)
ULLMO (L.). **Le Problème social**. 1897. 1 vol. in-8. 3 fr.
VACHEROT. **La Science et la Métaphysique**. 3 vol. in-18. 10 fr. 50
VAN BIERVLIET (J.-J.). **Éléments de Psychologie humaine**. 1 vol. in-8. 1895. 8 fr.
— **La Mémoire**. Br. in-8. 1893. 2 fr.
VIALLET (C.-Paul). **Je pense, donc je suis**. Introduction à la méthode cartésienne. 1 vol. in-12. 1896. 2 fr. 50
VIGOUREUX (Ch.). **L'Avenir de l'Europe** au double point de vue de la politique de sentiment et de la politique d'intérêt. 1892. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
WEIL (Denis). **Le Droit d'association et le Droit de réunion** devant les chambres et les tribunaux. 1893. 1 vol. in-12. 3 fr. 50
— **Les Élections législatives**. Histoire de la législation et des mœurs. 1 vol. in-18. 1895. 3 fr. 50
WUARIN (L.). **Le Contribuable**. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
WULF (M. de). **Histoire de la philosophie scolastique dans les Pays-Bas et la principauté de Liège jusqu'à la Révol. franç**. In-8. 5 fr.
— **Sur l'esthétique de saint Thomas d'Aquin**. In-8. 1 fr. 50
ZIESING (Th.). **Érasme ou Salignac**. Étude sur la lettre de François Rabelais. 1 vol. gr. in-8. 4 fr.
ZOLLA (D.). **Les questions agricoles d'hier et d'aujourd'hui**. 1894, 1895. 2 vol. in-12. Chacun. 3 fr. 50

New York Botanical Garden Library
QK474.5 .C65 gen
Costantin, Julien No/La nature tropicale
3 5185 00111 7017